

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra stavební hmoty a diagnostiky

Vlhkostní chování mineralizovaného dřeva a desek na bázi dřeva

Moisture behavior of mineralized wood and wood-based panels

Student:

Bc. Miroslav Havelka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tereza Majstríková, PhD.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Miroslav Havelka

Studijní program:

N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607T021 Stavební hmoty a diagnostika staveb

Téma:

Vlhkostní chování mineralizovaného dřeva a desek na bázi dřeva
Moisture behavior of mineralized wood and wood-based panels

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

V oblasti mineralizace dřevní hmoty, zejména rostlého dřeva mineralizovaného křemičitými látkami, již byly publikovány mnohé zajímavé výsledky a závěry. Tato nová možnost chemického ošetření, či dokonce modifikace, má za následek zejména redukci příjmu vody a následné prodloužení trvanlivosti. Tyto závěry ovšem nebyly potvrzeny pro materiály vyrobené ze dřeva, jako jsou například desky na bázi dřeva. Z tohoto důvodu je tato práce zaměřena na mineralizaci dřevní hmoty, zahrnující jak rostlé dřevo, tak zejména desky na bázi dřeva. K mineralizaci budou využity komerční křemičité látky, konkrétně sodné vodní sklo a přípravek na bázi organosilanů.

První část práce (teoretická) se bude zabývat dřevem a výrobky na bázi dřeva - popisem jejich výroby, vlastnostmi a degradací. Dále bude obsahovat problematiku mineralizace a jejího vlivu na fyzikálně – mechanické vlastnosti materiálu. Ve druhé části (praktické) budou experimentálně stanoveny vybrané fyzikální charakteristiky se zřetelem na vlastnosti související s vlhkostním chováním mineralizovaného dřeva a mineralizovaných výrobků na bázi dřeva. Získané výsledky budou vyhodnoceny s ohledem na použitý dřevařský výrobek, mineralizační látku a formu mineralizačního ošetření.

Seznam doporučené odborné literatury:

KUKLÍK, P.: Dřevěné konstrukce. Praha: ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.

REINPRECHT, L.: Ochrana dřeva. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2004. ISBN 978-80-228-1863-6.

WITZANY, J., et al.: PDR – Poruchy, degradace a rekonstrukce. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04488-9.

ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (2006).

ČSN EN 335: Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva (2013).

ČSN EN 384 Konstrukční dřevo - Stanovení charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty (2010).

ČSN EN 408: Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo - Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností (2012).

ČSN EN 13183-1: Vlhkost vzorku řeziva - Část 1: Stanovení váhovou metodou (2004).

ČSN EN 13183-2 Vlhkost vzorku řeziva - Část 2: Odhad elektrickou odporovou metodou (2002).

ČSN 490126 Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania napúčavosti (1989).

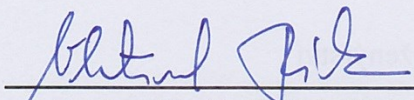
ČSN 490128 Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania zosýchavosti (1989).

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

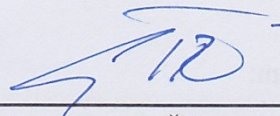
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tereza Majstříková**

Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 30.11.2017



doc. Ing. Vlastimil Bílek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Bc. Miroslav Havelka

Prohlášení o využití výsledků práce

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́jednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́jednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Bc. Miroslav Havelka

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval laboratoři Stavebních hmot a diagnostiky staveb, za umožnění přístupu do laboratoří a přípravu velkého množství zkušebních vzorků. Poděkování patří také Institutu čistých technologií těžby a užití energetických surovin - Projekt udržitelnosti. Identifikační kód: LO1406 za možnost využití zkušebního zařízení. A v neposlední řadě také Ing. Tereze Majstríkové Ph.D. za mnohé rady a náměty pro zpracování této práce. Nakonec bych rád poděkoval svým rodičům a přítelkyni za podporu a umožnění studia a velkou pomoc při měření praktické části.

Anotace

Dřevo je materiál s dlouhou historií a tradicí použití. Jedná se o přírodní materiál a jako každý materiál má své výhody a nevýhody. Za hlavní výhodu je považován přírodní a obnovitelný charakter suroviny. Největší nevýhodou dřeva je jeho anizotropie a nízká trvanlivost. Tyto nevýhody lze redukovat určitými postupy, do kterých řadíme i ošetření a modifikace materiálu. Jedním z takových zásahů je také mineralizace, kterou se zabývá i tato práce.

Tato diplomová práce je zaměřena na vlhkostní chování mineralizovaného dřeva a také desek na bázi dřeva ošetřených křemičitany. Účinky různých křemičitanů již byly zkoumány zejména na rostlém dřevě se zaměřením na vlhkostní a trvanlivostní problematiku a také mechanické parametry. Tato práce zkoumá zejména fyzikální vlastnosti rostlého dřeva a desek na bázi dřeva, které jsou pro využití ve stavebnictví důležité. Konkrétně je stanovováno bobtnání, vlhkostní a vzhledové změny. Pro mineralizaci je použit křemičitan sodný a přípravek Lukofob 39.

Klíčová slova

rostlé dřevo, desky na bázi dřeva, mineralizace, fyzikální vlastnosti, křemičitany

Annotation

Wood is a material with a long history and tradition of use. It is a natural material with its advantages and disadvantages, like any materials. The natural and renewable nature of the raw material is considered as the main advantage. The biggest disadvantage of wood is its anisotropy and low durability. These disadvantages can be reduced by certain procedures, including material treatment and modification. One of these procedures is also mineralization, which is also solved in this work.

This diploma thesis is focused on the moisture behavior of mineralized wood and also of wood based panels treated by silicates. The effects of different silicates have been investigated especially on solid wood with a focus on moisture and durability issues, as well as mechanical parameters. This paper examines in particular the physical properties of solid wood and wood-based panels, which are important for use in construction. Specifically, swelling, moisture and visual changes are determined. Sodium silicate and Lukofob 39 are used for mineralization.

Key words

wood, wood based panels, mineralization, physical properties, silicates

Obsah

Seznam použitého značení	3
1 Úvod	4
2 Rostlé dřevo	5
2.1 Stavba dřeva	6
2.2 Vlastnosti dřeva	9
2.2.1 Vlastnosti fyzikální	9
2.2.2 Mechanické vlastnosti.....	11
3 Desky na bázi dřeva	11
3.1 Překližka	12
3.1.1 Výroba překližek.....	12
3.1.2 Vlastnosti a využití překližek	13
3.2 Dřevotřískové desky	14
3.2.1 Výroba dřevotřískových desek	14
3.2.2 Vlastnosti a použití dřevotřískových desek	15
3.3 OSB desky	16
3.3.1 Výroba OSB desek.....	16
3.3.2 Vlastnosti a použití OSB desek	18
3.4 Cementotřískové desky (CETRIS)	19
3.4.1 Výroba cementotřískových desek	19
3.4.2 Vlastnosti a použití cementotřískových desek.....	20
4 Degradace dřeva a výrobků na bázi dřeva	20
4.1 Degradace vlivem atmosférických činitelů	20
4.2 Degradace vlivem termických účinků a ohně.....	21
4.3 Degradace dřeva způsobená chemikáliemi.....	22
4.4 Biologická degradace	22
4.4.1 Dřevokazné houby	23

4.4.2	Dřevokazný hmyz	24
5	Ochrana dřeva.....	26
5.1	Fyzikální a konstrukční ochrana	26
5.2	Chemická ochrana dřeva	27
5.2.1	Ochrana pomocí impregnace	29
5.2.2	Ochrana dřeva protipožárními nátěry	30
5.2.3	Ochrana dřeva nátěry proti povětrnostním vlivům	31
5.3	Modifikace	33
6	Mineralizace dřeva.....	36
6.1	Vodní sklo.....	37
6.2	Lukofob 39	38
7	Praktická část	38
7.1	Provádění experimentů a vyhodnocení zkoušek	43
7.1.1	Zkouška bobtnání vyhodnocení	43
7.1.2	Vzhledové a vlhkostní změny vyhodnocení	51
8	Závěr	81
9	Seznam použitých pramenů	83
10	Přílohy	85

Seznam použitého značení

UV záření – ultrafialové záření

M – křemičitý modul

w – vlhkost [%]

ρ – objemová hmotnost [kg/m^3]

m – hmotnost [g]

V – objem [m^3]

p – příjem roztoku [g/m^2]

k – koncentrace [%]

A – plocha [m^2]

1 Úvod

Předložená diplomová práce navazuje na moji předchozí bakalářskou práci a bude se zabývat mineralizovaným dřevem a následně i deskami na bázi dřeva. V tomto tématu jsem se rozhodl pokračovat, protože mineralizované vzorky vykazovaly vyšší pevnosti a větší rázovou houževnatost. Pro budoucí využití je ale nutné znát i jak se takto ošetřené dřevo bude chovat při zatížení vlhkostí a definovat další parametry jako jsou objemové, vlhkostní a vzhledové změny. Výsledky budou interpretovány ve formě tabulek a grafů.

Vzhledem k již zmíněným faktům, že dřevo má jako každý materiál své výhody a nevýhody, a je snahou tyto nedostatky odstraňovat. To se děje s větší či menší úspěšností a je jen na nás kam aplikaci dřeva posuneme dál. Pro zvýšení škály použití dřevěných konstrukcí je materiál možné upravovat. K tomuto účelu se používá ošetření, které zpravidla zlepšuje jen povrchové vlastnosti konstrukčních prvků, nebo modifikace, díky níž dochází i ke strukturním změnám materiálu. Charakter ošetření nebo dokonce modifikace může mít i mineralizace, která využívá různé mineralizační látky. V tomto případě byl použit křemičitan sodný a přípravek Lukofob 39. První ošetřující látkou byl křemičitan sodný alias „vodní sklo“. Tato látka se dnes používá pro urychlení tuhnutí cementových pojiv, jako katalyzátor alkalicky aktivovaných materiálů, atd. Druhou použitou látkou byl přípravek Lukofob 39, což je hydrofobizační prostředek na bázi organosilanů určený převážně na cihly, kámen a beton. Ani jedna z uvedených mineralizačních látek není přímo určena pro aplikaci na dřevo. Materiály, které byly ošetřeny, jsou smrk, modřín, buk, dub a z desek na bázi dřeva cetris, OSB, překližka a dřevotříska.

Z hlediska strukturního lze předloženou práci rozdělit na teoretickou a praktickou část. V teoretické části Vám tedy představím stavbu dřeva, následovat bude kapitola věnována vlastnostem desek na bázi dřeva, jejich výrobě a současnému použití. Poté blíže popíši degradaci dřeva a možnosti ochrany, doplněné o použité ochranné látky. V následující praktické části budou popsány průběhy zkoušek a příprava vzorků. Následovat bude vyhodnocení zkoušky bobtnání a vyhodnocení experimentální části.

2 Rostlé dřevo

V České republice roste mnoho druhů dřeva. Pro účely této práce byly zvoleny tradiční dřeviny, jako je smrk, modřín, dub a buk. V následujících odstavcích si jednotlivé dřeviny blíže představíme.

Smrk je v rámci naší země nejvyužívanější dřevinou. Smrkové dřevo se používá při stavbě krovů, v menší míře pro bednění, na okna, výjimečně na podlahy, stropy a zárubně dveří. Uplatnění nachází při stavbě lehkých konstrukcí objektů, například staveb pro hospodářská zvířata nebo kůlny. Mimo stavebnictví se používá i pro výrobu nábytku. Odpad se dále zpracovává na výrobu desek na bázi dřeva, které budou popsány v kapitole 4 [8]. Smrkové dřevo je měkké, poměrně lehké a má dlouhá vlákna. Výhodou je také pružnost, poměrně vysoká pevnost a vysušené je dobře štípatelné. Smrkové dřevo málo sesychá a prakticky se nebortí. Při použití v interiéru má vysokou trvanlivost. Trvanlivost v exteriéru je nižší, avšak záleží na způsobu ochrany a péči o konstrukci. Barva smrkového dřeva je žlutohnědá a nemá barevně odlišené jádro. [6]

Modřín se řadí mezi středně těžké dřeviny. Dřevo modřínu je poměrně měkké, ale tvrdší než smrk nebo borovice. Modřínové dřevo je také houževnaté, lehce štípatelné, dobře obrábitelné a trvanlivé. Modřín je velice trvanlivý jak na suchu, tak ve vodě i vlhku, vykazuje malé sesychání, ale hřebíkové spoje ho snadno štípají. Použití modřínu je výhodné tam, kde jsou zvýšené požadavky na bezpečnost a trvanlivost, a také v místech s proměnlivou vlhkostí a teplotou. Toto dřevo je vhodné pro okna, domovní dveře, obložení, pergoly a zahradní nábytek. [6]

Dubové dřevo je tvrdé, těžké, pružné a velmi pevné, vysoce trvanlivé a dobře štípatelné. Běl je úzká, jádro je široké a má hnědou barvu. Mezi hlavní výhody patří vyšší odolnost vůči hnilobě. Při střídavém působení vody a vzduchu jeho povrch začne hnit, ale jádro zůstane netknuté, zčerná, ztverdne, což ve finále bývá označeno jako „zkamenění“. Dubové dřevo je vhodné pro truhlářské výrobky, vrata, dveře, schody, prahy rámy oken atd. Dřevo z dubu je také ze všech uvedených dřevin nejdražší. [7]

Buk je v našich zeměpisných šířkách nejvíce využívanou listnatou dřevinou, které má tvrdé, těžké a dobře štípatelné dřevo. Bukové dřevo je pevné, ale málo pružné, značně sesychá a praská. Dále je toto dřevo málo odolné proti houbám a červotoči, dobře se impregnuje a moří. V exteriéru je málo trvanlivé, ale v suchu a ve vodě je jeho trvanlivost značně větší.

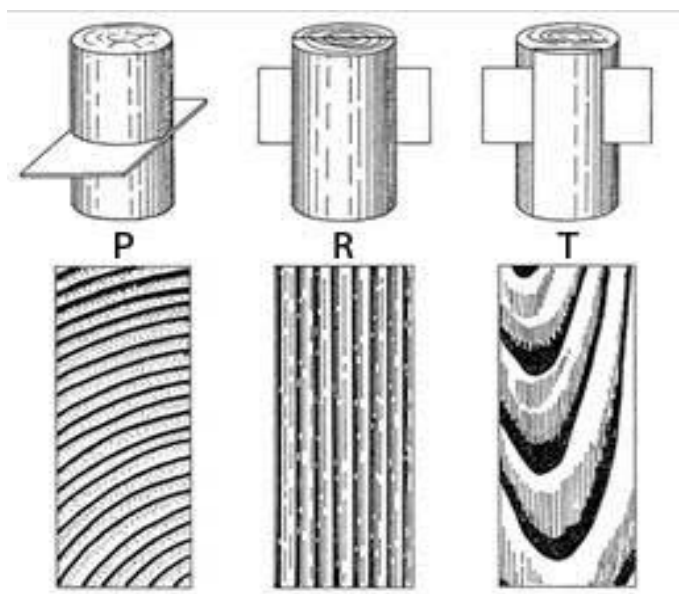
Barva bukového dřeva je bílá až okrová. Použití nachází v nábytkářském průmyslu pro výrobky z ohýbaného dřeva, dřevotřískové lisované desky, pro výrobu vlysů atd. [6]

2.1 Stavba dřeva

Za rozhodující faktor pro hodnocení dřeva a jeho vlastností je anatomická stavba. Anatomická stavba dřeva určuje technické vlastnosti dřeva a její znalost lze proto označit za klíčovou. Stavbu dřeva můžeme popsat z několika úhlů pohledu. Z hlediska makroskopického, mikroskopického, submikroskopického a molekulárního. [4]

Pro hodnocení makroskopické stavby dřeva je vhodné využít grafické znázornění (viz. obr. 1), které znázorňuje tři základní řezy a to konkrétně řez:

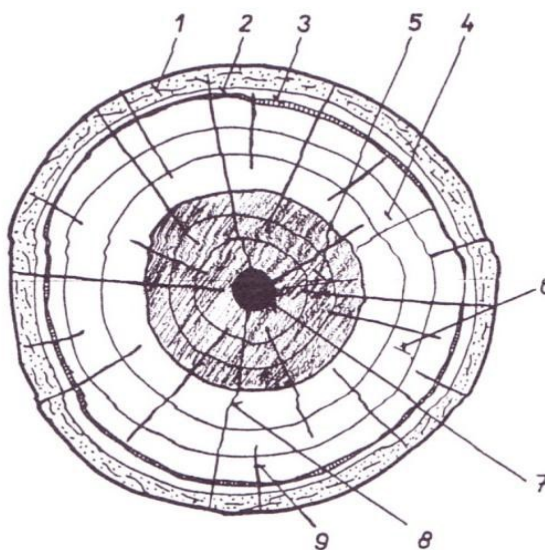
1. příčný – ten je veden kolmo na podélnou osu kmene,
2. podélný nebo radiální – ten je kolmý na příčný řez a prochází osou kmene,
3. tangenciální – který vede rovnoběžně s podélnou osou kmene, ale touto osou neprochází. [3]



P= příčný řez, R= radiální řez, T= tangenciální

Obr. 1 Řezy kmenem stromu Zdroj: [3]

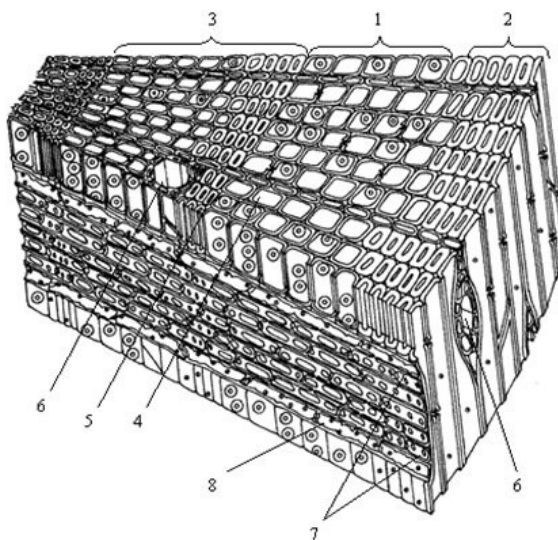
Základní makroskopické prvky lze spatřit zejména na příčném řezu (obr. 2). Mezi makroskopické prvky řadíme kůru, lýko, kambium, běl, jádro, letokruhy, dřeň, hlavní a vedlejší dřeňové paprsky.



1= kůra, 2= lýko, 3= kambium, 4= běl, 5= jádro, 6= letokruhy, 7= dřeň, 8= hlavní dřeňové paprsky,
9= vedlejší dřeňové paprsky

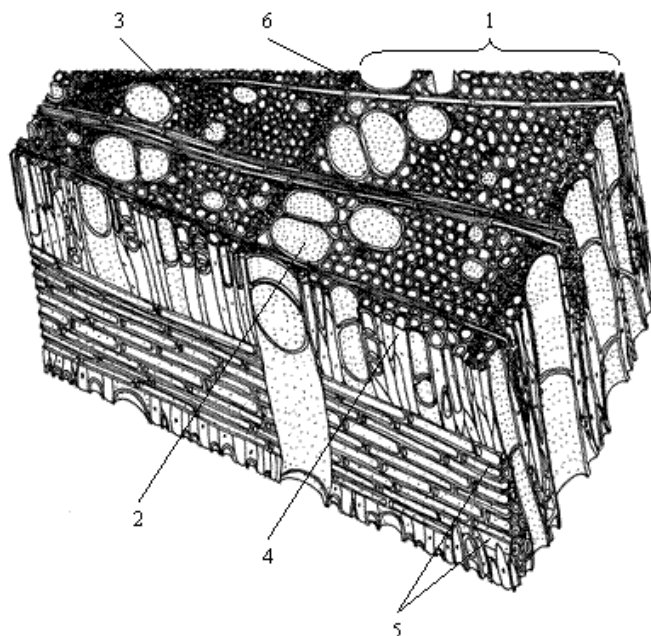
Obr. 2 Příčný řez kmene Zdroj: [4]

Při umístění dřeva pod mikroskop lze zpozorovat, že dřevo se skládá z buněk různého tvaru a velikosti (viz. obr. 3a 4). Z hlediska mikroskopického lze tyto buňky rozdělit na cévní články, tracheidy, libriformní vlákna a parenchymatické buňky. Dle velikosti a pozice je jejich funkce různá ve dřevě živém a dosud rostoucím, nebo ve dřevě odumřelém. Je třeba myslet na to, že jednotlivé typy buněk se izolovaně prakticky nevyskytují, ale vytvářejí převážně homogenní skupiny, jež se vyznačují stejnou orientací a specifickým uspořádáním těchto buněk. [4]



1= jarní dřevo, 2= letní dřevo, 3= letokruh, 4=jarní tracheida, 5= letní tracheida, 6= pryskyřičný kanálek, 7= dřevový paprsek, 8= příčná tracheida

Obr. 3 Mikroskopická stavba jehličnatého dřeva Zdroj: [3]



1= letokruh, 2= jarní céva, 3= letní céva, 4= libriformní vlákno, 5= dřevový paprsek, 6= podélný parenchym

Obr. 4 Mikroskopická stavba listnatého dřeva Zdroj: [3]

Submikroskopická stavba dřeva definuje chemické složení dřeva, které je až na výjimky totožné pro všechny dřeviny a to:

- 49,5 % uhlík,
- 44,2 % kyslík,
- 6,1 % vodík,
- 0,2 % dusík atd.

Výše uvedené prvky tvoří řadu složitých sloučenin, konkrétně:

- celulózu – 40 - 50 % hmotnosti,
- hemicelulózu – 20 - 30 % hmotnosti,
- lignin – 25 - 30 % hmotnosti,
- a další doprovodné látky – 0 - 10 %. [4]

2.2 Vlastnosti dřeva

Dřevo je materiál se širokým spektrem vlastností. Variabilitu vlastností zapříčiňuje mnoho faktorů. Mezi hlavní faktory patří druh dřeviny i lokalita, ve které dřevina roste. Významný vliv má i složení půdy, nadmořská výška, způsob a kvalita dalšího zpracování.

Dřevo má vzhledem k průběhu vláken anizotropní vlastnosti. Vlastnosti rovnoběžně s vlákny jsou velice různorodé oproti vlastnostem sledovaným kolmo k vláknu. Největších pevností a tuhostí a nejmenších deformací dosahuje dřevo ve směru rovnoběžném s vlákny. Vlastnosti dřeva, které vymezují použití dřevěných prvků a konstrukcí lze dělit na fyzikální a mechanické.

2.2.1 Vlastnosti fyzikální

Mezi nejdůležitější fyzikální parametry dřeva patří vlhkost. Vlhkost ovlivňuje pevnostní charakteristiky dřeva i jeho životnost. Z dalších fyzikálních vlastností můžeme zmínit tepelné, elektrické a akustické vlastnosti, hustotu dřeva (objemovou hmotnost) a hustotu dřevní hmoty.

Dřevo a vlhkost

Dřevo je schopno přijímat i uvolňovat vodu ve formě páry i kapaliny. Vlhkost udává poměr množství vody k množství sušiny dřevní hmoty a lze ji uvádět jako vlhkost hmotnostní nebo objemovou. Dále u dřeva rozlišujeme vodu vázanou v buněčných stěnách a vodu volnou v buněčných dutinách.

Čerstvě vytěžené dřevo má průměrný obsah vlhkosti 80 - 120 % (liší se v závislosti na dřevině a době kácení). Při uložení dřeva na vzduchu a vlivem následného vysychání se vlhkost pohybuje kolem 20 %. Dále je vhodné zmínit, že v rámci jedné dřeviny může mít bělové dřevo mnohem větší vlhkost než jádrové dřevo. [4]

Objemová hmotnost

Objemová hmotnost nebo též hustota dřeva (viz. tab. 1) je veličina, závislá na stavbě dřeva, na množství vody, které dřevo obsahuje, ale i na dalších faktorech. Objemová hmotnost se řadí mezi nejdůležitější fyzikální vlastnosti dřeva. Mechanické vlastnosti i únosnost spojů je často korelována s objemovou hmotností. Objemovou hmotností dřeva je myšleno hmotnost m^3 dřeva při dané vlhkosti. [3]

Tab. 1 Objemové hmotnosti dřeva, Zdroj:[6]

Dřevina	Objemová hmotnost dřeva v suchém stavu	Příklady stromů
velmi lehká	do 400 kg/m ³	topol, vejmutovka
lehká	400 - 500 kg/m ³	jedle, smrk
mírně těžká	500 - 600 kg/m ³	modřín, mahagon
středně těžká	600 - 700 kg/m ³	dub, buk
těžká	700 - 1000 kg/m ³	akát, habr
velmi těžká	nad 1000 kg/m ³	eben

Hustota

Hustota dřevní hmoty je stanovována jako objem vlastní látky bez dutin, pórů a mezer a pro všechny dřeviny nabývá hodnoty přibližně 1500 kg/m³. Hodnoty hustoty uváděné v normách se vztahují k objemu a hmotnosti při ustálené vlhkosti, které dosáhneme teplotou 20 °C a vlhkostí vzduchu 65 %, čemuž odpovídá 12% vlhkost dřeva. [4]

Tepelné vlastnosti dřeva

Nejvýznamnější charakteristiky z této oblasti jsou teplotní vodivost a teplotní délková roztažnost.

Dřevo má nízkou tepelnou vodivost díky nízké objemové hmotnosti a pórovitosti. Tepelná vodivost se liší dle směru vláken, přičemž ve směru vláken je dřevo 2x vodivější než ve směru kolmo na vlákna. Tepelná vodivost narůstá s objemovou hmotností a také s vlhkostí.

Teplotní délková roztažnost dřeva je podstatně nižší než u kovů a betonů. Smrkové dřevo má například podél vláken teplotní délková roztažnost $6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ a kolmo k vláknům $34 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. [4]

Elektrické vlastnosti dřeva

Suché dřevo je dobrý elektrický izolant. Měrný elektrický odpor je nejnižší ve směru rovnoběžně s vlákny, ve směru kolmo k vláknům je dvojnásobný. Elektrický odpor dřeva je nepřímě úměrný teplotě a vlhkosti. Vlivem toho, že elektrický odpor významně reaguje na změny vlhkosti, je tento jev využíván v elektrických odporových vlhkoměrech.

Akustické vlastnosti

Mezi akustické vlastnosti zařazujeme zvukovou vodivost, pohltivost a průzvučnost.

Z hlediska zvukové pohltivosti je rychlost podélných mechanických vln podél vláken u jehličnanů 5 000 m/s a u listnáčů 3 500 m/s. Zvuková pohltivost dřeva je zhruba 50 % dopadající energie. Zvuková propustnost je přímo úměrná hmotnosti materiálu. [4]

2.2.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti dřeva popisují schopnost odolávat vnějšímu zatížení. Rozlišujeme vlastnosti bezvadného dřeva a dřeva konstrukčního. Vlastnosti bezvadného dřeva se výrazně liší od parametrů konstrukčního dřeva, a to zejména z důvodu výskytu růstových vad. Na výsledné hodnoty pak mají také vliv rozměry prvku, vlhkost materiálu, teplota prostředí atd. Vlastnosti dřeva se také značně odlišují v rámci jednotlivých dřevin, umístění v kmeni a značné rozdíly najdeme i v rámci letokruhu (rozdíl jarní – letní dřevo). Mechanické vlastnosti (viz. tab. 2) se stanovují pomocí zkoušek.

Tab. 2 Pevnostní charakteristiky dřeva Zdroj:[norma 338]

Označení	Veličina	Jehličnaté a topolové dřevo												Listnaté dřevo					
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
N/mm ²																			
$f_{m,k}$	Ohyb	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
$f_{t,0,k}$	Tah rovnoběžně s vlákny	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
$f_{t,90,k}$	Tah kolmo k vláknům	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
$f_{c,0,k}$	Tlak rovnoběžně s vlákny	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
$f_{c,90,k}$	Tlak kolmo k vláknům	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
$f_{v,k}$	Smyk	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
kN/mm ²																			
$E_{0,mean}$	Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	7	8	9	9,5	10	11	12	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
$E_{0,05}$	5% kvantil modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
$E_{90,mean}$	Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,40	0,40	0,43	0,47	0,50	0,64	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
G_{mean}	Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,75	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
kg/m ³																			
ρ_k	Hustota	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
ρ_{mean}	Průměrná hodnota hustoty	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080

3 Desky na bázi dřeva

Desky na bázi dřeva, se začali vyrábět, z důvodu odstranění některých nežádoucích vlastností dřeva, například anizotropie, hořlavosti neošetřeného dřeva atd. Desky na bázi

dřeva snižují nehomogenitu přírodního dřeva a umožňují větší rozmanitost konstrukčního řešení. Parametry těchto desek lze na rozdíl od dřeva regulovat velikostí nebo orientací dřevěných částí. Výrobou desek na bázi dřeva dochází k redukci vlhkostní roztažnosti, a to díky rozmělnění dřeva na menší částice a jejich následnému spojení do jednoho celku s různým uspořádáním vláken. Toto je další podstatná výhoda, protože orientace vláken může být upravena na přesné požadavky následného využití. Různorodost mechanických vlastností je u těchto desek nižší než v případě rostlého dřeva. Další výhody těchto materiálů jsou:

- konečné rozměry těchto desek jsou limitovány pouze výrobními možnostmi,
- efektivnější použití přírodních látek,
- možnost částečné recyklace,
- kvalita surovin nemusí být na tak vysoké úrovni jako u prvků z rostlého dřeva,
- snadná možnost přizpůsobení se požadavkům zákazníků,
- ekologičtější materiál s minimální spotřebou chemických látek v porovnání například s betonem.

3.1 Překližka

Překližka vzniká křížovým slepením tenkých dýh dřeva, čímž jsou odstraněny některé nežádoucí vlastnosti rostlého dřeva. Především není překližka tolik anizotropní a výrazně méně sesychá a bobtná. Použitím různých druhů dřevin, správnou tloušťkou dýh, dostatečným počtem vrstev, vhodným lepidlem a povrchovou úpravou lze vyrobit překližky různého vzhledu s nižší nebo vyšší odolností proti vlhkosti. Taktéž můžeme dosáhnout různých mechanických i fyzikálních vlastností.

3.1.1 Výroba překližek

Výroba překližek probíhá z měkčích dřevin s nevýraznou kresbou, popřípadě z levnějších dřevin. Z místních dřevin se používají buk, smrk, borovice, olše atd. Dříve se k nám dovážely také tropické dřeviny například gabon nebo africká limba. Dražší a kvalitnější suroviny se využívají pro výrobu okrasných dýh. Průměr kulatiny musí být z technologických důvodů minimálně 250 mm. Postup při výrobě je následující:

1. skladování suroviny – surovina je uskladněna na zpevněných plochách, které jsou odvodněny, aby umožnily postřik kulatiny v letních dnech,

2. zkracování kulatiny – probíhá s využitím mobilní nebo stacionární pily popřípadě pevné cirkulárky, ke které je dřevo dopraveno ze skládky,
3. plastifikace – pro snížení odporu při řezání a pro dosažení kvalitního povrchu se dřevo plastifikuje párou nebo horkou vodou,
4. odkornění – výřezy se dále odkorňují frézou a dočišťují ručními frézami popřípadě tlakovou vodou,
5. loupání – plastifikované výřezy pokračují na loupací stroje, kde dochází k naloupání pásů dýh,
6. stříhání – po loupání se pásy stříhají na příslušné formáty a následně putují do sušáren,
7. lepení – na válcové nanášedce lepidla se na každou sudou vrstvu nanese lepidlo a následně se na sebe jednotlivé dýhy ručně křížově skládají,
8. lisování – dýhy opatřené lepidlem se uloží do vyhřívaných lisů, kde se jednotlivé překližky zalisují a vytvrdnou,
9. úprava povrchů a formátování – zde se opravují vady na povrchu, dochází k řezání na přesné rozměry a dochází k broušení povrchu, nebo nalepení povrchových vrstev,
10. skladování a expedice – po úpravě povrchů se desky přemisťují do skladu, kde jsou uloženy ve vhodných podmínkách, a následně se expedují na místa určení.

3.1.2 Vlastnosti a využití překližek

Hlavní výhodou překližek je, jak již bylo zmíněno, absence anizotropních vlastností rostlého dřeva. Díky tomu má překližka ve všech směrech poměrně dobré pevnosti i při poměrné subtilnosti prvků z ní vyrobených (dlaždice, stoly, sedáky židlí). Mezi další výhody se řadí zmírnění bobtnání nebo sesychání při změnách vlhkostí. Běžné tloušťky překližky se pohybují v intervalu 2 - 40 mm. Při použití kvalitního lepidla lze dosáhnout vysoké odolnosti lepených spojů. Odolnost překližek můžeme zvýšit povrchovými nátěry, nalisováním papírové fólie atd., takovéto překližky se pak používají jako bednění při betonáži.

Nevýhodou překližek je zejména nutnost použití poměrně kvalitní suroviny a také relativně pracná výroba. Díky těmto faktorům je ovlivněna i cena. Vlivem loupání se u tvrdých dřevin mohou objevit trhliny vznikající ohýbáním dýhy v loupacím stroji. Takto vzniklé trhliny se pak mohou projevit popraskáním nátěru u hotového výrobku.

Využití překližek je relativně rozsáhlé. Dříve, když byly lepeny kostním lihem, který byl málo odolný proti vlhkosti, nacházela překližka uplatnění hlavně v interiéru, a to na použití v nábytkářském průmyslu. Vlivem pokročilejších technologií se začaly využívat syntetická termoaktivní lepidla. Tyto lepidla jsou více rezistentní proti vlhkosti, a tak umožnily použití překližek v širším spektru, a to hlavně ve stavebnictví. Díky tomu se překližky používají na stavební dílce pro střešní vazníky, překližky s protiskluzovou vrstvou na podlahy lešení a na ložné plochy nákladních automobilů.

3.2 Dřevotřískové desky

Zavedení výroby dřevotřískových desek umožnilo zpracování zbytkového dřeva, které se nevyužilo nebo sloužilo pro energetické účely. Dnes jsou dřevotřískové desky nejvíce rozšířeným a nejvíce vyráběným aglomerovaným materiálem.

3.2.1 Výroba dřevotřískových desek

Výroba dřevotřískových desek je složitý proces, který vyžaduje nemalé investice. Z těchto důvodů se jako základní suroviny používají levnější materiály, např. piliny, štěpky, pilařské odřezky, použité dřevo atd. Nakupují se prakticky všechny druhy dřevin dostupné za nízké pořizovací náklady. Pro výrobu 1m³ dřevotřískových desek je potřeba zhruba 1,4 - 1,7m³ dřeva. Výroba se skládá z přípravy třísek, jejich následné úpravy, nanášení lepidla a lisování. Dřevotřískové desky jsou většinou třívrstvé. V prostřední vrstvě jsou rozprostřeny větší třísky a ty zajišťují pevnost desky. Svrchní vrstvy jsou naopak homogennější, vyráběné z jemnějších třísek pro zajištění hladkého povrchu. Postup výroby dřevotřískových desek je následující:

1. Jak bylo již dříve zmíněno, pro výrobu dřevotřískových desek se využívají různé formy zbytkového dřeva. Pro výrobu je vhodné i použité dřevo jako palety, starý nábytek a jiné. Při výrobě některých dřevotřísek nevadí ani přítomnost kůry. Výrobou těchto druhů desek prakticky nevzniká dřevný odpad.

2. Vstupní surovina se nechává v exteriéru přirozeně předsušit.
3. Podle charakteru vstupní suroviny probíhá zpracování jednostupňové nebo dvojestupňové. Jednostupňové spočívá v roztřískování vstupní suroviny na třísky. U dvojestupňového se nejprve vstupní surovina naštěpkuje a poté až roztřískuje.
4. Další surovinou přidávanou do dřevotřískových desek jsou piliny. Ty jsou levné a jejich obsah v dřevotřískových deskách je do cca 30 %. Nevýhodou pilin je, že při své malé velikosti snižují vzájemnou vazbu třísek v desce.
5. Následně probíhá z technologických důvodů sušení na 3% vlhkost. Sušení probíhá v bubnových sušárnách, kde jsou třísky a piliny usušeny v řádech vteřin.
6. Vysušený materiál míří na vibrační síta, kde dochází k jejich třídění na velmi jemnou a velmi hrubou frakci.
7. Ze zásobníků se třísky a piliny přesunují k nanášeči lepidla s hydrofobizačními přísadami.
8. Na dopravním páse se poté vrství 3 vrstvy třísek, které se následně několik minut lisují ve vyhřívaném lisu.
9. U vyrobených desek probíhá ořez a broušení na přesné velikosti.
10. Nakonec se desky nechají bez povrchové úpravy, nebo se opatří dýhou, laminátem, plastovou nebo papírovou fólií. [2]

3.2.2 Vlastnosti a použití dřevotřískových desek

Vlastnosti dřevotřískových desek jsou, jako i ostatní desky na bázi dřeva, ovlivněny celou řadou faktorů. Rozhodujícím faktorem je velikost třísek, druh dřeviny a typ lepidla. Obecně lze říci, že tyto desky mají oproti rostlému dřevu horší mechanické vlastnosti, avšak mají nižší vlhkostní roztažnost. Mezi velké výhody těchto desek patří fakt, že pro výrobu takovýchto desek může být použito i konopné pazdeří, bambus, stonky bavlníku a jiné vstupní suroviny. Další výhodou dřevotřískových desek je stejnorodost vlastností, možnost výroby desek s různou hustotou a mechanickými vlastnostmi. Tyto desky mohou být opatřeny

jakoukoliv povrchovou úpravou. K výhodám lze také zařadit recyklovatelnost, či možnost energetického využití. Nevýhody dřevotřískových desek jsou horší mechanické vlastnosti, ty lze eliminovat vhodným konstrukčním řešením výrobku. Nevýhodná je také malá odolnost proti působení dlouhodobé vlhkosti a aplikace do exteriéru s přímým působením povětrnosti.

Dřevotřískové desky jsou vzhledem ke svým přednostem a nízké ceně oblíbeným a široce používaným materiálem. Nejširší využití nachází v nábytkářském průmyslu, kdy se z nich vyrábějí dílce čalouněného nábytku. Laminované desky se používají pro kuchyňský, koupelnový nebo kancelářský nábytek. Velmi časté je použití na podlahy jako podkladní materiál, nebo jako nosná vrstva dýhovaných podlahových krytin. [2]

3.3 OSB desky

OSB desky lze charakterizovat jako materiál tvořený slisovanými dřevními částmi – velkoplošnými třískami, jež jsou uspořádány do vrstev a vzájemně orientovány do pravého úhlu. Při použití vyšší teploty a tlaku jsou spojeny voděodolným lepidlem. Vlivem toho, že střední vrstva třísek svírá pravý úhel s třískami na povrchu, je také omezena anizotropie a vlhkostní rozměrové změny jsou podobné jako u křížového lepení dýh v případě překližek. Použití dlouhých a úzkých třísek a jejich orientace způsobuje, že OSB desky nemají izotropní mechanické a fyzikální vlastnosti. Směrová orientace třísek zvyšuje pevnost i tuhost v podélném směru, ale také snižuje tyto vlastnosti v příčném směru. Pro představu je pevnost v ohybu OSB desek v podélném směru přibližně 2x vyšší než v příčném. Výraznější rozdíl je také v modulu pružnosti u ohybu, přičemž modul ve směru výroby je téměř 2,5 x větší než ve směru kolmém na směr výroby. Tento fakt je nutné vzít v potaz při použití OSB desek, kdy je vhodné využít pozitivních vlastností v podélném směru. [2]

3.3.1 Výroba OSB desek

OSB desky se v České republice začali vyrábět v roce 2006. Pro výrobu se používají převážně borovice a smrk. Pro výrobu OSB desek, můžeme použít prakticky jakékoliv dřevo, jehož objemová hmotnost leží v intervalu 350 - 700 kg/m³. Také průměr kulatiny nemusí být tak velký jako například u překližek a pro výrobu OSB desek stačí průměr 800 - 100 mm. Z tohoto důvodu a také proto, že použitá surovina nízké kvality je schopna se transformovat ve výrobek vysoké kvality, je v současné době výroba OSB desek velmi výhodná a rozšířená. Postup výroby OSB desky je následující:

1. Dřevo je na počátku ošetřeno vodním postřikem, následně probíhá odkornění a dočištění na dočišťovací lince.
2. Odkorněná kulatina je přemístěna do řezacího prostoru roztrískovače. Výroba třísek probíhá tangenciální řezem kulatiny a třísky jsou získávány ve směru rovnoběžném s vlákny.
3. Třísky se poté třídí, suší a přepravují do zásobníku. Převládající velikost třísky je 0,4 - 0,8 x 6 – 25 x 75 - 130 mm. Nejdelší třísky lze nalézt v povrchové vrstvě OSB desek, menší se nachází ve vrstvě střední. Podíl třísek pod 6 mm, tedy drobná frakce, se před aplikací lepidla odstraňuje a používá v přidružené výrobě. Podíl této frakce činí 3 - 10% v OSB deskách, a proto není nutné použití velkého množství lepidla.
4. Aplikace lepidla na třísky probíhá v bubnových nanášecích, kde se lepidlo rozstříkuje z rotujících disků. Jako lepidlo se používají fenol-formaldehydová lepidla a nebo izokyanátová lepidla (MDI). V některých provozech se používají pouze MDI lepidla, jejichž hlavní výhodou je snížení doby nutné pro lisování, které vede ke snížení nákladů, a také jsou tato lepidla vysoce rezistentní vůči vlhkosti. Nevýhodou těchto lepidel je dobrá přídržnost k oceli, a tím pádem nutnost použití chemických separátorů při výrobě. S vyšším obsahem lepidla se zlepšují mechanické vlastnosti OSB desek, ale zvyšuje se také cena, protože lepidlo je nejdražší položka výroby. Lepidla využívána pro výrobu OSB desek neuvolňují žádné nebo jen zanedbatelné množství emisí formaldehydu.
5. Pro snížení vlivu bobtnání a zvýšení rezistence vůči vodě vlhkosti se při aplikaci lepidla zároveň přidávají i hydrofobizační látky (látky na bázi parafínu).
6. Následuje vrstvení a následné lisování. Vždy se používají minimálně dvě vrstvicí zařízení, kdy první slouží pro vrstvení horní a spodní vrstvy s podélnou orientací třísek a druhé slouží pro vrstvení střední vrstvy s příčnou orientací třísek.

7. V dokončovacích pracích jsou desky formátovány a je kontrolována dovolená tolerance rozměrů. Desky putují dále do klimatizační komory a po konci klimatizování jsou skládány do bloků a čekají na expedici. [2]

3.3.2 Vlastnosti a použití OSB desek

Mechanické a fyzikální vlastnosti OSB desek jsou ovlivněny téměř každým krokem výrobního procesu. Mezi hlavní faktory, ovlivňující kvalitu konečného výrobku, se řadí:

- druh použité dřeviny,
- orientace a velikost třísek,
- druh a množství lepidla,
- obsah vlhkosti ve dřevě,
- a lisovací parametry.

OSB desky mají široké spektrum vlastností a stejně široké je i jejich spektrum použití, proto je nutné vybírat optimální mechanické a fyzikální vlastnosti na základě budoucí aplikace. Například při vyšším lisovacím tlaku roste i pevnost OSB desek, ale zároveň se zvyšuje i vlhkostní roztažnost. Mezi velké výhody se řadí skutečnost, že vlastnosti OSB desek mohou být v průběhu výroby modifikovány podle požadavků na konečné vlastnosti výrobku. [2]

Největšího využití dosahují OSB desky ve stavebnictví. Zde jsou používány pro podobné účely jako překližka, kterou postupně nahrazují. Z hlediska technických parametrů vykazují oba materiály podobné vlastnosti. Odlišné je větší bobtnání OSB desek při nepříznivých vlhkostních podmínkách, přičemž OSB desky vlivem bobtnání ztrácí svou pevnost a tato ztráta je o 25 -30 % vyšší než v případě překližky. Tento svůj nedostatek nahrazuje svou cenou, jež je o 25 % nižší než u překližky. Nižší cena je způsobena nižšími nároky na kvalitu dřeva a také vyšší efektivitou výroby. Ve stavebnictví se využívají jako konstrukční materiál stěn, střech, podlah a své využití nacházejí u sendvičových panelů. Z OSB desek se vyrábí palety, obalové materiály, sloužit mohou pro dočasné oplocení staveniště a v nábytkářském průmyslu. K dostání jsou také v provedení pero – drážka, případně jsou opatřeny hladkou fólií a slouží jako bednění. [2]

3.4 Cementotřískové desky (CETRIS)

Cementotřískové desky patří mezi nejstarší typy aglomerovaných materiálů. Dřevěné třísky slouží jako zpevňující síť v pevné minerální složce. Pojivem je obvykle cement nebo sádra, které zajišťuje tvrdost desek, ale zvyšuje hmotnost a ztěžuje obrábění. [2]

3.4.1 Výroba cementotřískových desek

Jako pojivový materiál většinou slouží portlandský cement, který reaguje s vodou a vlivem hydratačních reakcí tvrdne. Nevýhodou portlandského cementu jako pojiva je dlouhá doba zrání (až 30 dnů). Navíc vliv na tvrdnutí cementu má množství tříselovin, pryskyřic a polysacharidů obsažených ve dřevě. Tyto látky zpomalují tvrdnutí a snižují pevnost cementu. K výrobě desek pojených portlandským cementem je vhodnou dřevinou smrk, topol nebo jedle. Výrobní postup je následující:

1. Vstupní surovinu tvoří třísky o velikosti 0,2 - 0,3 mm a délky 10 - 25 mm, které se pro svrchní vrstvy domílají v kladivových mlýnech. Třísky se poté dělí na dvě frakce hrubou pro střední vrstvu a jemnou pro vrstvy povrchové.
2. Třísky dále směřují do směšovacího zařízení, kde je smícháno přibližně 60 % třísek, 25 % cementu a 10 % vody a mineralizující přísady.
3. Podobně jako u výroby dřevotřískových desek se vrstvicím zařízením formují jednotlivé desky, které se dělí na budoucí formáty.
4. Takto formátované desky se přesouvají do forem vrstvených na sebe.
5. Desky jsou pak lisovány za studena a za stálého působení tlaku se přesouvají na cca 8 hodin do vytvrzovacího tunelu
6. Částečně vytvrzené desky se formátují na přesné rozměry a nechávají cca 3 týdny zrán v klimatizovaných prostorech do dosažení přibližně 9% vlhkosti.
7. Některé desky se poté oboustranně brousí a povrchově upravují. [2]

3.4.2 Vlastnosti a použití cementotřískových desek

Desky jsou homogenní, tvrdé, odolné proti vlhkosti, dřevokazným houbám, hmyzu, plísním a ohni. Objemová hmotnost se pohybuje okolo 1200 kg/m^3 . Desky jsou mrazuvzdorné a mají dobré zvukově izolační vlastnosti. Rezistentní jsou také vůči benzínu, olejům a neobsahují formaldehyd ani azbestová vlákna. Vyráběn je i systém pero drážka.

Cementotřískové desky se používají na konstrukce podlah, podhledy, odvětrávané fasády, půdní vestavby, jako protipožární zábrany a slouží pro stavbu příček a stěn anebo pro ztracené bednění. [2]

4 Degradace dřeva a výrobků na bázi dřeva

Dřevo je přírodní materiál a jako takový tudíž podléhá různým degradacím, které mohou vést až k jeho úplnému zničení. Mezi hlavní příčiny poškození patří atmosférické a biologické vlivy. V následujících odstavcích budou ty nejvýznamnější degradace popsány. [3]

4.1 Degradace vlivem atmosférických činitelů

Atmosférická degradace je přirozené stárnutí dřeva. Tato degradace vzniká vlivem abiotických činitelů (vlhkost, teplota, voda a jiné.). Koroze probíhá kontinuálně ve větší nebo menší míře v závislosti na vlhkostních, tepelných a jiných podmínkách. Intenzita koroze je výraznější v exteriéru, protože je dřevo přímo vystaveno klimatickým změnám v průběhu roku. Atmosférickou korozi dřeva vyvolává široké spektrum činitelů:

- vlivy energetických polí:
 - teplo,
 - sluneční záření,
 - proudění laminární a turbulentní;
- hmotní činitelé:
 - plyny, emise,
 - prach, písek,
 - voda,
 - kyslík,
 - chemicky agresivní látky.

Rozhodující vliv na přirozené stárnutí dřeva má sluneční záření. Prach, kyslík, proudění látek okolo dřeva a jiné faktory primární degradaci ještě dodávají na intenzitě. Při procesu stárnutí dřeva, když je dřevo dostatečně vlhké, jsou vytvořeny i vhodné podmínky pro biologické škůdce. Proces atmosférické koroze dřeva lze rozdělit do následujících fází:

- degradace ligninu a částečně hemicelulózy vlivem slunečního záření,
- vyluhování ligninu a hemicelulózy vodou,
- mechanické vytrhnutí fibril celulózy ze dřeva, k němuž dochází vlivem působení písku, prachu nebo dalších činitelů. [6]

Povrch dřeva podléhající působení slunečního záření v čase mění svůj vzhled. Dřeviny jako javor, buk nebo habr často mění svou barvu na tmavou. Tmavnou vlivem chemických reakcí ligninu, které jsou vyvolané UV zářením. Když souběžně působí i déšť, dřevo zešedne, protože se z něj vyplaví tmavé produkty pocházející z ligninu. Na degradaci se nejvíce podílí sluneční svit a voda. Svůj nezanedbatelný vliv má teplota i proudění vzduchu. Při vyšší teplotě se zlepšuje rozpustnost složek dřeva a vodou se snáze vyluhují. Intenzita eroze je odlišná u různých druhů dřevin. Eroze je nejvíce ovlivněna hustotou dřeva a tloušťkou buněčných stěn. Vliv na erozi mají i jiné strukturální charakteristiky dřeva například:

- větší podíl ligninu v jehličnatém dřevě → eroze probíhá rychleji,
- výrazný rozdíl v hustotě jarního a letního dřeva v jehličnatých dřevinách → nerovnoměrnost eroze,
- druh a množství extraktivních látek → specifické barevné změny. [6]

4.2 Degradace vlivem termických účinků a ohně

Dřevo, jehož povrch není ošetřen, je dobře hořlavý materiál a to díky svému chemickému složení. Dřevo obsahuje 49 - 51 % uhlíku, 43 - 44 % kyslíku a 6 - 7 % vodíku. Termická degradace dřeva je chemická reakce způsobená ohřevem dřeva. Při teplotě nižší než 66 °C tyto reakce téměř neprobíhají. V teplotním intervalu od 66 °C do 110 °C se některé reakce uskutečnit mohou. Tato teplota nemá žádný nebo jen nepatrný vliv na strukturu nebo vlastnosti dřeva. K rozsáhlejšímu termickému narušení dochází při teplotách nad 150 °C, kdy se jako první začne rozkládat hemicelulóza, následně celulóza a nakonec i lignin. [1]

4.3 Degradace dřeva způsobená chemikáliemi

Příčinou této koroze je, jak již název napovídá, nějaký druh chemikálie, konkrétně zásady, kyseliny a jejich soli. Do styku se dřevem se dostávají formou plynů, kapalin nebo solí. K degradaci dochází přímo, kdy látky reagují s komponenty dřeva, nebo naopak nepřímo, kdy posilují degradační reakce. Účinky agresivních chemikálií na dřevo a jeho složky závisí na druhu chemikálie, koncentraci, popřípadě teplotě a délce expozice.

Silné kyseliny, jako například kyselina chlorovodíková, dusičná nebo sírová, dokáží dřevo degradovat již při běžné pokojové teplotě. Soli kyselin dřevo hydrolyzují pomaleji, což lze demonstrovat na případě dřeva částečně zabudovaného do země. Poškození dřeva chemikáliemi závisí mimo jiné i na vlhkosti, protože agresivní plyny, jako amoniak, poškozují dřevo více při vyšší vlhkosti.

Obecně je platná definice, že intenzita chemické degradace dřeva narůstá s teplotou a koncentrací chemikálií. Chemické korozi je více rezistentní dřevo z jehličnatých stromů než dřevo z listnáčů. [6]

4.4 Biologická degradace

K napadení dřeva biologickými činiteli dochází pouze v případech, kdy jsou vytvořeny vhodné podmínky, konkrétně:

- teplo,
- kyslík,
- výživný substrát,
- a hlavně dostatečná vlhkost.

Dřevo, jehož vlhkost je nižší, než 18 % prakticky nenapadají dřevokazné houby. U dřeva s vlhkostí nižší než 10 % zpravidla nedochází ani k napadení dřevokazným hmyzem. [1]

U konstrukcí bez závad a se správným technickým řešením, by měla být vlhkost dostatečně nízká, aby nedocházelo k napadení, ať již houbami nebo hmyzem. Pro napadení dřeva biologickými škůdci je proto nutné zvýšení vlhkosti. Kyslík získávají škůdci ze vzduchu, takže pokud není dřevo trvale umístěno pod vodou, mají škůdci vzduchu vždy dostatek. Další faktor – teplota, je v našich zeměpisných šířkách po většinu roku vyhovující,

a výživným substrátem je samo napadené dřevo. Klíčovým parametrem je tedy vlhkost, která nabývá vyšších hodnot zejména díky nadměrné vlhkosti dřeva při zabudování do konstrukce, nebo dodatečnému zvlhčení materiálu, jehož příčinou může být:

- vzlínání vody,
- zatékání – střechou nebo přes špatně provedené detaily oken,
- porušení izolace,
- nedostatečně provětrávaný prostor,
- kondenzace par,
- a v neposlední řadě také špatně provedená sanace.

Plísňe a dřevo zbarvující houby prakticky neovlivňují pevnostní charakteristiky dřeva. Tito škůdci způsobují změnu zbarvení dřeva a signalizují zvýšenou vlhkost. Díky tomuto faktu se dá odhadnout blížící se riziko napadení dřeva dřevokaznými houbami. Plísňe jsou však nebezpečné z jiného důvodu, jelikož některé plísňe mají toxické nebo i karcinogenní účinky.

4.4.1 Dřevokazné houby

Škůdci, kteří mohou zapříčinit destrukci dřeva, jsou dřevokazné houby. Houby dělíme na dvě skupiny a to na houby ligninovorní a celulózožravé. Houby ligninovorní rozkládají lignin a současně rozkládají celulózu. Druhá skupina hub rozkládá celulózu, ale další složky dřeva nechává nedotčené. Celulózožravé houby způsobují rozpadání, dřevo poté hnědne, je křehké, a praská. Ligninovorní houby způsobují vznik děr a dutin, které je možno vidět i pouhým okem. [6]

Mezi nejznámější a nejobávanější dřevokazné houby patří dřevomorka domácí. Dřevomorka má nahnědlou barvu a na okrajích je zbarvena do bílého odstínu. Vyskytuje se v obytných prostorách, na půdách a ve sklepech. Dřevomorka napadá části nosné konstrukce, například trámy, pozednice, ale napadnout může i podlahová prkna, okenní rámy, parkety. Nebezpečí tkví v její schopnosti prorůstat zdivem, díky čemuž je schopna se rychle šířit budovou. Kromě rychlosti s jakou destruuje konstrukce je charakteristická i tím, že vlhkost potřebuje jen v počátcích svého vývoje, pak si vlhkost vytváří sama svým metabolickým procesem. [3]



Obr. 5 Dřevomorka domácí Zdroj: [19]

Trámovka plotní a trámovka jedlová jsou houby, které napadají jehličnaté dřevo. Napadnout mohou mostní konstrukce, dřevěná zábradlí, ploty a jejich výskyt je i na střešních konstrukcích. K růstu těchto hub dochází hlavně uvnitř dřeva. Díky tomu se prvek navenek jeví jako zdravý, uvnitř přitom může být degradovaný. Tyto dvě houby vyžadují vyšší vlhkost, při snížení nebo zastavení přísunu vlhkosti tyto houby přestanou růst a odumírají.



Obr. 6 Trámovka plotní Zdroj: [20]

4.4.2 Dřevokazný hmyz

Dalším biologickým činitelem je dřevokazný hmyz. Tito škůdci mají široké spektrum svého výskytu, mohou být na živých stromech, na konstrukčním dřevě, na dřevěných výrobcích atd. Cílem této práce není popis všech druhů, tudíž budou zmíněny jen ty druhy, které se vyskytují nejčastěji a to na konstrukčním dřevě. K takovýmto druhům je vhodné zmínit tesaříky, červotoče a pilorítku. Tito škůdci jsou schopni ve dřevě přežít po dobu několika generací. Důsledkem působení dřevokazného hmyzu je snížení fyzikálních a mechanických vlastností dřeva, docházet může i ke změnám vzhledu. Dřevo napadené hmyzem je také vhodným substrátem pro dřevokazné houby.

Tesařík krovový je brouk, mající hnědé až černé zbarvení. Sameček dorůstá velikosti 7 - 17 mm a samička 11 - 22 mm. Vývojový cyklus trvá zhruba 3 - 5 let. Brouci jsou zdatnými letci a napadají dřevo v blízkém okolí. Výletové otvory jsou eliptického tvaru a rojení probíhá v květnu až srpnu. Tesařík krovový napadá převážně prvky větších průřezů.

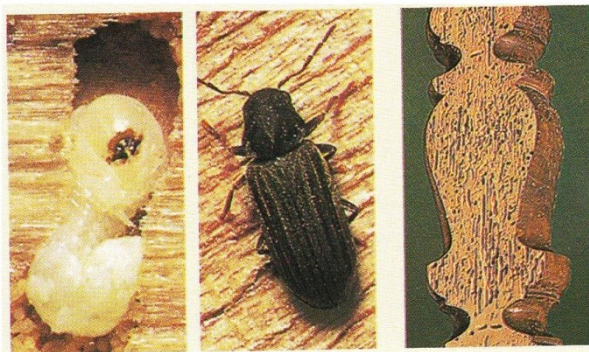


Obr. 7 Tesařík krovový Zdroj: [21]

Červotoč proužkovaný je šedohnědý až šedočerný brouk. Dosahuje délky 3 až 4 mm. Vývojový cyklus trvá jeden až dva roky. Ve srovnání s tesaříkem krovovým dosahuje brouk i larva menších rozměrů a vytváří i menší požerkové chodby. Červotoč proužkovaný napadá jehličnaté i listnaté dřevo a pro svůj život nevyžaduje vysokou vlhkost dřeva. K rojení dochází v květnu až červnu. Výletové otvory mají kruhový tvar o průměru 1 - 2 mm. Existují i další druhy červotočů, například umrlčí, domácí, atd.

Červotoč proužkovaný

Obr. 4.



Obr. 8 Červotoč proužkovaný Zdroj: [22]

5 Ochrana dřeva

Ochrana dřeva je zcela klíčová v případech, kdy má dřevo odolávat výše zmíněným degradacím. Dřevěná konstrukce může být poškozena, jak bylo již výše nastíněno několika vlivy a to:

- povětrnostními vlivy,
- mechanickým poškozením,
- biologickou degradací,
- vysokou teplotou nebo ohněm.

Těmto degradacím lze zabránit zvýšením trvanlivosti dřeva, vhodnou údržbou, pravidelným ošetřováním konstrukce a v neposlední řadě také vhodným konstrukčním řešením a správným návrhem konstrukce. [6]

5.1 Fyzikální a konstrukční ochrana

Fyzikální ochrana dřeva se vymezuje na regulaci vnějších podmínek. Regulací teploty, vlhkosti, popřípadě i jiných vnějších vlivů lze docílit toho, že v daném místě biologický škůdce nemůže přežít, nebo není aktivní. Konstrukční ochrana dřeva taktéž vychází z principu fyzikální ochrany dřeva a je založena na znalosti vhodných druhů dřevin, navržení rozměrů včetně detailů, či použití povrchových nátěrů proti vodě i proti škůdcům. Fyzikální a konstrukční ochrana dřeva je zajišťována formou různých opatření, konstrukčních řešení i technologických procesů nevyjímaje. V praxi se používají nejčastěji tyto metody dlouhodobé fyzikální a konstrukční ochrany dřeva:

- suchá ochrana – suchý stav dřeva,
- mokrá ochrana – mokrý stav dřeva,
- ochrana pomocí inertního plynu – uložení dřeva v atmosféře, která je nevhodná pro biologické škůdce, například v čistém dusíku,
- materiálová optimalizace - volba a využití trvanlivějších druhů dřeva,
- volba vhodných konstrukčních prvků a detailů – především s cílem vyloučit nebo omezit průnik srážkové vody do objektu dřeva a zabránit vzniku kondenzované vody,

- bariérová ochrana dřeva – povrchová úprava dřeva nátěry, které mají jen fyzikálně-mechanickou funkci proti vniknutí vody do suchého dřeva.

Metody fyzikální a konstrukční ochrany dřeva nejsou vždy 100%. Zabránit činnosti degradačních faktorů vyžaduje mnohdy komplexnější řešení, doplněné o vhodnou chemickou nebo modifikační ochranu dřeva.

K základním principům fyzikální a konstrukční ochrany dřeva můžeme řadit následující:

- požadavky na fyzikální a konstrukční ochranu dřeva:
 - udržování optimální vlhkosti dřeva, aby se neprojevila biologická aktivita škůdců (suchá nebo mokrá ochrana dřeva),
 - dřevo, které má nalézt své uplatnění v interiéru, je třeba upravit na vlhkost odpovídající místu uložení (suchá ochrana dřeva),
 - dřevo, uložené v interiéru, je třeba izolovat od možných zdrojů vlhkosti (bariérová ochrana dřeva),
 - pro konstrukce vystavené náročným vnějším podmínkám je nutné zhotovovat z trvanlivějších dřevin,
 - dřevo uložené v exteriéru je nutno ochránit před přímými povětrnostními vlivy a zvýšenou vlhkostí,
 - konstrukce je třeba optimálně situovat s ohledem na požární bezpečnost,
- doporučení pro fyzikální a konstrukční ochranu:
 - chránit dřevo před biologickými škůdci (bariérová ochrana),
 - omezit vznik a rozvoj trhlin ve dřevě (pomocí – spon, S-háků),
 - usmrtit živé parenchymatické buňky ve dřevě, protože jsou vhodným prostředím pro biologické škůdce (fyzikální ochrana). [6]

5.2 Chemická ochrana dřeva

Chemická ochrana dřeva slouží pro zvýšení trvanlivosti dřeva. Pro takovéto účely využíváme vhodné typy chemických látek. Může se jednat o látky přírodní, ale v dnešní době hlavně syntetizované chemické látky, které lze podle požadovaných účinků dělit na:

- látky působící proti bakteriím,
- látky působící proti houbám,
- látky působící proti hmyzu,
- retardéry hoření,
- látky snižující atmosférické vlivy.

Využívané chemické látky musí mít kromě požadovaných účinků vhodné aplikační vlastnosti, i vhodné ekotoxikologické parametry. Všeobecně platí, že zvýšení trvanlivosti dřeva se dá dosáhnout správnou volbou chemického ochranného prostředku a jeho vhodnou aplikací. Při výběru ochranného prostředku musíme zohlednit tyto faktory:

- aplikační vlastnosti dané látky,
- účinnost použité látky,
- ekologická a toxikologická rizika.

Před ošetřováním dřeva je nutné dohlédnout na:

- přípravu dřeva před ošetřením,
- volbu tlakových a difuzních sil pro transport ochranného prostředku do dřeva, aby se dosáhlo požadované penetrace, a dostatečného příjmu roztoku.

Chemická ochrana dřeva je využívána na dlouhodobou preventivní ochranu dřeva, které je vystaveno náročnějším podmínkám. Mezi takové řadíme podvaly, báňské dřevo, telekomunikační sloupy, dřevo umístěné v exteriéru (pergoly a terasy) i interiéru (krovy, stropy). Chemická ochrana však nachází své uplatnění i při krátkodobé ochraně, například při skladování dřeva, přepravě nebo i kalamitách. Chemické látky se také používají pro likvidaci biologických škůdců v napadeném dřevě.

Jako při každém typu ochrany tak i zde kvalita chemické ochrany dřeva souvisí s účinností a aplikačními vlastnostmi ochranného prostředku, strukturou a vlhkostí dřeva, technologií ošetřování a také chemickou stabilitou ochranného prostředku ve dřevě. V dnešní době se jako zásadní faktor při volbě typu ochranného prostředku stává jeho ekologická a zdravotní nezávadnost. Zdravotní nezávadnost a ekologická zátěž je důležitá i pro úpravu dřeva po skončení jeho životnosti. [6]

5.2.1 Ochrana pomocí impregnace

Ochrana dřeva pomocí impregnace se využívá proti hmyzu a dřevokazným houbám a provádí se širokou škálou chemických přípravků. Způsob impregnace se volí dle budoucího umístění prvku. Některé z chemických přípravků pro ochranu dřeva mohou být pro člověka a jeho zdraví škodlivé. Impregnaci dřeva je možné dělit na dvě skupiny:

- černá impregnace – ta je prováděna dehtovými oleji, a její použití je například na telegrafní sloupy nebo železniční pražce,
- bílá impregnace - je provedena látkami, ředitelnými vodou.

Impregnace se dále dělí:

- dle cíle působení:
 - insekticidní – látky proti dřevokaznému hmyzu,
 - fungicidní - látky účinné proti plísním a houbám,
- dle rozsahu působení:
 - preventivní –pro zabránění napadení dřeva,
 - likvidační –pro usmrcení škůdců v napadeném dřevě.

Velké množství přípravků má spojené účinky. [3]

Metody impregnace dřeva

Základní technologie ošetření je nátěr a postřik. Jedná se o jednu z nejjednodušších technologií impregnace, její nevýhodou je malá účinnost. V případech, kdy je dřevo zabudováno v konstrukci, jsou tyto dvě metody jedny z mála použitelných. Ve většině případů je preferován nátěr před postřikem, z důvodu zvýšené spotřeby ochranné látky při postřiku. U obou metod se jedná pouze o impregnaci povrchovou, kdy ochranný prostředek proniká cca 2 mm do hloubky dřeva. Účinnost této impregnace lze zvýšit pomocí perforace dřeva, která je prováděna napichováním povrchů a využívá se pouze u konstrukčního dřeva.

Impregnace dřeva ponořením do kapaliny za působení atmosférického tlaku je metoda velmi pomalá. Příjem kapaliny je u této metody značně omezený vlivem přítomnosti vzduchu ve dřevě. Dle délky ponoření můžeme impregnaci dělit na krátkodobou – označenou jako ponor, a dlouhodobou – označenou jako máčení. S delší dobou impregnace se zvyšuje riziko poškození dřeva nabobtnáním rozpouštědlem a nevýhodou je také odpařování látky z nádoby.

Injektáž je metoda používána v případě konstrukčního dřeva pro lokální ošetření. Touto metodou se aplikují vodné nebo organické roztoky. Princip metody spočívá v propichování dřeva dutou jehlou, kterou je vstřikován ochranný přípravek do dřeva. Alternativou je předvrtání otvorů, které se následně vyplní ochranou látkou.

Infuzní metodou impregnace je metoda využívající injekční jehly a zásobní nádoby. Ochranný prostředek proudí do dřeva v důsledku gravitace. Vliv této metody je relativně dobrý zvláště u menších objektů poškozených dřevokazným hmyzem. Výhodou této technologie impregnace je to, že kapalina proniká dovnitř dřeva a současně nedochází k velkému odpařování rozpouštědla. Tato metoda je však pracná a z hlediska času náročná.

Vakuová, vakuotlaková nebo tlaková impregnace je metoda, při níž se ochranná látka transportuje do dřeva vlivem vnější tlakové síly. Metoda je časově nenáročná a dochází k lepšímu proimpregnování, než při působení atmosférického tlaku. Při impregnaci je transport kapaliny usnadněn odsáním vzduchu a vytvořením tlakového gradientu. Tato technologie je prováděna v uzavřených nádobách. Nevýhodou je omezená velikost prvku, limitována rozměry nádoby.

Jednou ze zajímavých technologií je impregnace za sníženého tlaku v obalu z plastu. Vyvinuta byla pro památkové objekty a použitelná je pro dřevěné i kamenné konstrukce. Princip metody spočívá v tom, že objekt nebo část konstrukce je zabalena do polyetylénové sítě, která má ochrannou funkci – chrání fólii před protržením o ostré hrany a zabraňuje přisátí fólie k objektu, čímž je vytvořen prostor pro pohyb kapaliny. Objekt je následně zataven do polyetylénové fólie. Ve svárech fólie jsou přívodní a odsávací hadičky, které jsou spojeny kohoutky se zásobním roztokem a vývěvou. [3]

5.2.2 Ochrana dřeva protipožárními nátěry

Protipožární nátěry jsou ve své podstatě chemické látky tzv. retardéry hoření, které omezují hořlavost dřeva nebo omezují rozšiřování ohně po povrchu dřeva. Mezi nejčastěji používané látky řadíme:

- amonné soli – vytvářející plynné zplodiny, které zamezují přístupu vzduchu k povrchu dřeva,

- pěnotvorné látky – tvořené vícesložkovou soustavou, složenou z pojiva, retardéru hoření a nadouvadla, které za zvýšené teploty vytváří vrstvy pěny, s izolační funkcí.

Další látky vhodné k omezení hoření dřeva jsou sloučeniny boru. Tyto sloučeniny vykazují i biocidní účinky.

Podle způsobu omezování hoření můžeme retardéry dělit na látky:

- zabraňující přístupu kyslíku - k vnějšímu i vnitřnímu povrchu,
- tepelně izolující dřevní hmotu - od vnějšího tepelného zdroje,
- zředňující hořlavé plyny - plyny unikající z dřeva během tepelného rozkladu jsou zředňovány plyny nehořlavými,
- snižující koncentraci kyslíku - v zóně aktivního hoření, díky čemuž potlačují průběh exotermických reakcí,
- aktivizující endotermické reakce - podporují tvorbu izolační vrstvy dřevěného uhlí.

Použití některých látek jako retardérů hoření je pro konstrukce památkových objektů nevhodné. Některé látky totiž mohou měnit vzhled dřeva, což je typické pro amonné soli. Další nevýhodou retardérů hoření je riziko vzniku koroze dřeva tzv. rozvlákňováním, zejména v případech častého ošetřování těmito látkami. Za velice vhodné se považují pěnotvorné látky, které jsou jedny z nejúčinnějších, vynikají dlouhou životností a výrazněji nemění vzhled ošetřeného dřeva. [3]

5.2.3 Ochrana dřeva nátěry proti povětrnostním vlivům

Tyto nátěry chrání dřevo a dřevěné konstrukce vystavené ve vnějším prostředí před atmosférickými vlivy, jako jsou UV záření, kyslík, voda, emise a jiné vlivy. Nátěry proti povětrnostním vlivům jsou tvořeny:

- stabilizátory extraktivních látek – brání vyluhování,
- stabilizátory ligninsacharidové matrice – brání degradačnímu účinku UV záření, kyselin, zásad, oxidačních a jiných agresivních látek a solí,
- stabilizátory tvaru dřeva – brání vzniku trhlin a rozměrových změn.

Dřevo je nejčastěji stabilizováno filmotvornými a lazurovacími nátěry nebo nízkomolekulovými systémy, jež jsou schopné penetrovat do větší hloubky. [6]

5.2.3.1 Ochrana dřeva nátěry filmotvornými a lazurovacími

Povrchová ochrana dřeva uvnitř budov je schopna dřevo chránit desítky let. Naopak ve vnějším prostředí vydrží nátěry jen 1 - 2 roky vlivem degradace způsobené vlhkostí a UV zářením. Životnost nátěrů v exteriéru závisí na druhu dřeviny, vlastnostech dřeva, na obsahu pryskyřice, obsahu vlhkosti, charakteru povrchu, na vadách a poruchách dřeva. Životnost je také ovlivněna kvalitou nátěrové hmoty, technologií aplikace, předchozími úpravami a klimatickými podmínkami. Vyšší účinnost ve vnějším prostředí vykazují nátěry s vysokým obsahem pigmentu. Nátěry lazurovací jsou naopak méně účinné, jelikož těmito nátěry proniká UV záření a dřevo pod ním degraduje. Přidáním absorbátoru UV záření a antioxidantu do lazurovacích nátěrů se docílí pouze zpomalení degradace, nikoliv její zamezení. [3]

Filmotvorné nátěry tvoří na vnějším povrchu dřeva neporézní vrstvu. Například lazurovací nátěry částečně pronikají do hloubky dřeva a svrchní filmovou vrstvu, která je obvykle paropropustná, vytvářejí až po více nátěrech. Filmotvorné a lazurovací nátěry omezují vyluhování látek ze dřeva, zvyšují hydrofobní vlastnosti povrchu dřeva a zvyšují rezistenci proti povětrnostním vlivům a snižují mechanické opotřebení. Průhledné typy nátěrů se používají na ošetření tmavších druhů dřevin, aby se zamezilo ztrátě původní barvy. Filmotvorné a lazurovací nátěry zpomalují přenos vlhkosti mezi dřevem a ovzduším, díky čemuž snižují vlhkostní napětí ve dřevě, a omezují vznik trhlin.

Při používání nátěrů v exteriéru jsou požadovány dostatečné odolnosti, nejen proti vodě, ale i proti organickým rozpouštědlům, zásadám a slabým kyselinám. Pro zabránění napadení dřeva biologickými činiteli se dají do nátěrů přidat látky baktericidní, fungicidní a případně i insekticidní. Při ochraně nového dřeva se nejvíce používají nátěry na bázi alkydů, modifikovaných vysychavými oleji a přírodními živicemi, dále nátěry na bázi polyakrylátu, popřípadě kombinace alkydu a akrylátu. Tyto nátěry částečně penetrují pod povrch dřeva. Pro zajištění ochranné funkce je důležité vhodně zvolit technologii aplikace.

Olejovité nátěry jsou laky na bázi lnu a jiných rostlinných olejů, které v minulosti patřily k nejpoužívanějším látkám pro ošetření dřeva vystaveného v exteriéru. Olejové látky mohou obsahovat kromě olejů i přírodní živice, jako například pryskyřice. Tyto nátěry jsou lesklé, dosahují značné tvrdosti a odolnosti vůči vodě. Jejich nevýhodou

je křehkost a také to, že vlivem stárí praskají. Uplatnění nacházejí olejovité nátěry při obnově historických dveří, oken a jiných dřevěných prvků.

Alkydové nátěry vytvářejí na povrchu dřeva film, který vzniká vlivem autooxidace vysychavých olejů. Proces vysychání a tuhnutí je v rozsahu 48 až 72 hodin a je závislý na teplotě. Pro aplikaci se volí 2 až 3 nátěry, mezi jednotlivými nátěry je potřeba nechat dřevo odležet jeden až dva dny. Nátěr je po zaschnutí ohebný, tenký, tažný, tvrdý, odolný vůči mechanickému poškození a má vynikající adhezni vlastnosti. Pro použití v exteriéru se doporučuje využití pigmentových alkydových nátěrů. Do náročnějších podmínek prostředí jsou vhodné alkydové nátěry s přídavkem fungicidní a insekticidní složky.

Akrylátové vododisperzní latexy jsou složeny z makromolekulové akrylátové složky, stabilizátorů, aditiv a vody. Jsou dostupné v barevných odstínech a je možné do nich připadat biocidní látky. [6]

5.2.3.2 Penetrační nátěry

Penetrační nátěry se obvykle skládají z více látek. Jejich úkolem je hydrofobizace dřeva a stabilizace povrchu proti fotooxidaci.

Tvorba hydrofobizačního efektu je základní požadavek, který je kladen na penetrační nátěry. Penetrační nátěr musí zvýšit vodoodpudivost dřeva, a tím se zvýší i jeho přirozená trvanlivost. Tyto nátěry jsou obvykle na bázi rostlinných olejů, dále obsahují vodoodpudivé vosky, pigmenty, rozpouštědla, stabilizátory a také malý podíl živic. Aplikace probíhá na hladký nebo drsný povrch dřeva a to nátěrem, postřikem, podtlakovými nebo přetlakovými impregnačními technologiemi.

Do této skupiny ochranných prostředků řadíme fotooxidační stabilizátory, což jsou anorganické sloučeniny zinku, chromu, cínu nebo železa. Tyto látky reagují v povrchových vrstvách dřeva s ligninosacharidovou maticí a dřevo tak chrání proti povětrnostním vlivům a slunečnímu záření. Výsledkem fotooxidačních stabilizátorů je snížená tvorba trhlin a světelná stálost. [6]

5.3 Modifikace

Životnost dřeva může být prodloužena chemickou, fyzikální nebo konstrukční ochranou, ale také modifikací dřevěné hmoty. Chemická ochrana dřeva je dnes z důvodu zátěže životního prostředí oproti dřívějším letům omezena, což vyvíjí tlak na nové alternativy

a způsoby ošetření pro zvýšení životnosti dřeva. Trvanlivost můžeme zvýšit např. výběrem trvanlivějších druhů dřevin, ošetřením pomocí méně toxických nebo netoxických látek, a také již zmíněnou modifikací dřeva.

Modifikaci je možné provádět různými technologickými postupy, které lze dělit na:

- mechanické metody,
- chemické metody,
- termické metody,
- biologické metody.

V následujících odstavcích budou tyto metody popsány blíže.

Mechanické metody modifikace jsou metody spočívající v plastifikaci a následném lisování dřeva. Složkou dřeva, jež se plastifikuje, je lignin a dřevo se lisuje v kovové formě. Modifikované dřevo se poté vyznačuje vyšší hustotou, pevností a rázovou houževnatostí. Mechanicky modifikované dřevo je vhodné spíše do interiéru. Pro použití v exteriéru musí být dřevo ošetřeno ochranou proti povětrnostním vlivům. Termickým vlivům mechanicky modifikované dřevo vzdoruje lépe než dřevo nemodifikované.

Chemické metody modifikace tkví v ošetření dřeva chemickými látkami, jejichž primárním účinkem není biocidní ani jinak ochranný účinek. Chemické látky zůstávají v lumenech buněk, nebo mohou penetrovat do buněčných stěn a zde mohou vstupovat do chemických reakcí se stavebními složkami dřeva. Odolnost je založena právě na tvorbě nových interakcí mezi chemickou látkou a dřevem. Chemická modifikace dřeva se využívá pro zvýšení odolnosti vůči vodě, UV zářením a biologickým škůdcům. Vhodné látky pro chemickou modifikaci jsou některé druhy živic a polymery, které mají schopnost reagovat s -OH skupinami celulózy, hemicelulózy a ligninu. Vlastnosti chemicky modifikovaného dřeva závisí na druhu použité modifikační látky a na způsobu ošetření. Chemicky modifikované dřevo je rozměrově stabilní a výrazně odolnější proti biologickým činitelům. Mechanické vlastnosti se obvykle mění specificky a záleží na použitých chemických látkách, ovšem tvrdost je zpravidla vyšší.

Termické metody modifikace jsou metody založené na termických a hydrotermických úpravách dřeva při vyšších teplotách v rozmezí 180 - 280°C. Vlivem zvýšené teploty

se ve dřevě rozkládají některé stavební polymery a dochází k tvorbě nových. Termické procesy se provádí v inertním prostředí, aby se zabránilo výraznější degradaci celulózy a poklesu pevnosti dřeva. Mezi nejznámější termicky modifikované výrobky ze dřeva patří ThermWood.

Modifikace dřeva není jednoduchý proces, a proto si ho zde popíšeme:

1. Fáze zvýšení teploty a sušení je charakteristická zvýšením teploty v sušárně na 100 °C a poté až na teplotu cca 130 °C. Sušení se provádí horkým vzduchem nebo párou a dřevo se suší do nulové vlhkosti.
2. Fáze tepelné úpravy představuje etapu s přímým modifikačním efektem, kdy se teplota zvýší na úroveň 185 až 215 – 230 °C po dobu přibližně 2 - 3 hodin. Teploty a čas působení se liší dle klasifikační třídy termodřeva.
3. Chlazení a úprava vlhkosti je finální fází, během níž se dřevo postupně chladí a při teplotě 80 – 90 °C dochází k zvlhčení na vlhkost 4 – 7 %.

Termickou modifikací dřeva je ovlivněna zejména biologická odolnost, pevnostní parametry, či odolnost proti povětrnostním vlivům. Biologická odolnost závisí na procesu výroby, ale obecně je odolnost proti biologickým činitelům vyšší. Odolnost proti termitům však může být nižší než u nemodifikovaného dřeva. Odolnost proti povětrnostním vlivům je dána technologií výroby. Odolnost proti termickým účinkům je víceméně stejná jako u nemodifikovaného dřeva. Termodřevo však dosahuje nižších pevností. Pokles pevnosti je zapříčiněn zvýšenou teplotou, která narušuje hemicelulózu. Termodřevo je také křehčí a klesá i pevnost v ohybu a tahu. Obecně by se termodřevo nemělo používat pro nosné prvky dřevěných konstrukcí.

Termodřevo nachází uplatnění pro prvky umístěné v interiéru, jako jsou parkety, obklady, kuchyňský nábytek, ale i speciální výrobky, jako jsou hudební nástroje. Dále se používá na okna, vchodové dveře, zahradní nábytek, ploty a jiné. Termodřevo v sobě skrývá potenciál jako náhrada za tropické dřevo. Závěrem je nutné podotknout, že termodřevo není vhodné do náročnějších podmínek například do trvalého kontaktu se zeminou nebo vodou.

Biologické metody modifikace jsou principálně založeny na vztahu mezi nebezpečným biologickým škůdcem a jiným biologickým činitelem, který dřevo nepoškozuje

nebo poškozuje mírně. Mezi bakteriemi, houbami a hmyzem i jinými organismy existuje často boj o potravu získávanou ze dřeva. Biologická modifikace se provádí infikováním dřeva biologickým organismem, který produkuje fungicidními nebo biocidními látky. Biologické organismy dokáží potlačit růst nebezpečných škůdců anebo je mohou usmrtit. [6]

6 Mineralizace dřeva

Mineralizací rozumíme prosycení organické hmoty minerálními částicemi, kdy nejčastěji používané jsou látky na bázi oxidu křemičitého SiO_2 a kyseliny křemičité H_4SiO_4 . Pro mineralizaci se můžou použít i látky na bázi silikonů, či jiné mineralizační látky. Minerální látka proniká do lumenů nebo buněčných stěn, kde vytváří anorganické sítě. Pro budoucí využití mineralizace by bylo vhodné kombinovat mineralizační látky s biocidy.

Silikáty typu Na_2SiO_3 , K_2SiO_3 se do dřeva aplikují ve formě vodných roztoků tzv. vodních skel, které zůstávají zejména v lumenech buněk a pouze částečně penetrují do buněčných stěn. Silikáty zvyšují odolnost dřeva proti vodě a tvarovým změnám, snižují hořlavost dřeva, ale nemají vliv na bioodolnost.

Chlorsilany typu SiCl_4 se ve dřevě hydrolyzují na kyselinu křemičitou, která při zvýšené teplotě cca 100 °C dokáže reagovat s $-\text{OH}$ skupinami dřeva. Modifikované dřevo chlorsilany lépe odolává hnilobě, ovšem nevýhodou je uvolňující se kyselina chlorovodíková HCl , která způsobuje degradaci dřeva. Omezit tvorbu kyseliny chlorovodíkové lze mineralizací trimethylchlorsilanem.

Alkoxysilany typu tetraalkoxysilany v ošetřeném dřevě hydrolyzují a při vysokých teplotách a vlivem katalyzátoru vytváří síť SiO_2 . Dřevo mineralizované alkoxysilany vykazuje nižší hořlavost, vyšší odolnost vůči termitům a prakticky stejnou odolnost proti hnilobě.

Silikony jsou organicko-křemičité polymery, ve kterých se na atomy křemíku vážou nepolární organické uhlovodíky. Makromolekuly silikonů se do dřeva aplikují jako vodné mikroemulze, které prakticky zůstávají jen v lumenech buněk dřeva. Díky této mineralizaci se částečně zvyšuje hydrofobobicitu dřeva.

Organosilany jsou organicko-křemíkové monomerní látky (např. alkyl-trimtoxysilany). Při reakci s vodou se z organosilanů vytváří silanoly, které snadno reagují se složkami dřeva. Takto vytvořené vazby s dřevem mohou i zpětně hydrolyzovat,

což způsobuje nestabilitu ve vlhkém prostředí. Ošetření organosilany se používá zejména pro redukci příjmu vody. [6]

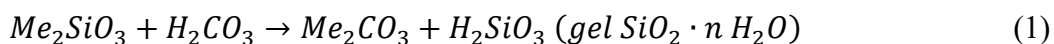
V následujícím textu jsou popsány látky použité pro mineralizaci v praktické části.

6.1 Vodní sklo

Výroba vodního skla probíhá dvěma základními způsoby. První způsob výroby je rozpuštění pevného křemičitanu sodného nebo draselného. Sklářský písek (oxid křemičitý s čistotou 70 – 75 %) se taví ve sklářské peci při teplotě přibližně 1400 – 1600 °C za pomoci tavidel oxidu sodného nebo oxidu draselného. Roztavený sklářský písek se poté prudce zchladí, aby rozpraskal na co nejjemnější frakci, a tím se zjednoduší jeho následné rozpuštění. Vytvořená surovina se za pomoci hydroxidu sodného nebo draselného, vody, teploty a tlaku rozpouští v autoklávu na vodní sklo. Tímto způsobem se dají vyrábět všechny druhy vodních skel. Způsob číslo dvě spočívá v hydrotermální reakci, kdy se v autoklávu za pomoci hydroxidu, vody, teploty a tlaku rozpouští křemičitý písek. Metoda je účinná jen pro výrobu určitých typů vodních skel sodných. Při rozpouštění v autoklávu se mohou přidávat organická či anorganická aditiva, a tím vylepšovat vlastnosti vodních skel.

Vlastnosti vodního skla se liší dle složení, jež je nejčastěji charakterizováno křemičitým modulem M , který vyjadřuje poměr $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ pro vodní sklo sodné a pro draselné poměr $\text{SiO}_2/\text{K}_2\text{O}$. Křemičitý modul vodního skla leží mezi 1,6 - 4,1. Kromě modulů se pro charakterizaci vodního skla používá hustota, která udává informaci o koncentraci roztoku i o jeho složení. Dále lze vodní sklo charakterizovat viskozitou nebo hodnotou pH. Viskozita vodního skla souvisí s koncentrací a hodnotou křemičitého modulu. Z hlediska pH jsou vodní skla roztoky solí silné zásady a slabé kyseliny a tím pádem jsou značně alkalická.

Vytvrzování vodního skla způsobuje gel kyseliny křemičité, a to v důsledku reakce křemičitanu s oxidem uhličitým, resp. kyselinou uhličitou dle rovnice (1):



Vedlejším produktem této reakce je soda nebo potaš. [17]

6.2 Lukofob 39

Přípravek Lukofob 39 je organosilanová hydrofobizační látka, která je vhodná pro povrchovou vodoodpudivou impregnaci savých materiálů. Účinná složka přípravku je methylsilanolát draselný ve formě vodného roztoku. Výrobek se používá zejména pro hydrofobizaci dobře nasákavých podkladů světlé barvy. Lukofob 39 je primárně určen pro hydrofobizaci silikátových materiálů a aplikaci na dřevo výrobce nedoporučuje. Tento přípravek byl ovšem na rostlé dřevo již testován, a tak je použit i v této práci. U silikátových látek Lukofob 39, jak již bylo zmíněno, zajišťuje vodoodpudivost a zachovává původní vzhled materiálu. Povrch je propustný pro vodní páry a chrání ošetřené těleso před mrazem. Taktéž chrání podklad proti chemickým látkám, snižuje výskyt výkvětů a snižuje výskyt mikroorganismů. Přípravek má také dlouhou životnost, za což vděčí své organosilanové bázi. Ošetřený povrch je rezistentní proti povětrnosti, UV záření a teplotním výkyvům.[18]

7 Praktická část

Tato část práce se věnuje ošetření dřeva mineralizačními látkami, zejména popisu vlhkostního chování, vzhledových a objemových změn. Jednotlivé zkoušky budou popsány a následně vyhodnoceny písemnou i grafickou formou.

U zkušebních vzorků nejprve proběhlo označení a to podle druhu dřeva nebo druhu desky a způsobu ošetření. Pro další zkoušky bylo připraveno přes 416 těles s rozměry 50x50 (± 1 mm) pro desky na bázi dřeva a přes 416 těles s rozměry 50x50x50 (± 1 mm) pro rostlé dřevo. Vzorky pro rostlé dřevo byly nařezány tak, aby jednotlivé řezy odpovídaly anatomickým směrům dřeva. Po označení se zkušební vzorky umístily do sušárny pro gravimetrické určení vlhkosti. Pro desky na bázi dřeva byla sušárna nastavena na teplotu 50°C, aby nedocházelo k rozkladu některých složek těchto desek. Pro rostlé dřevo byla sušárna nastavena na teplotu $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Po vyjmutí ze sušárny se vzorky umístily do exsikátoru a zvážily. Následně se vzorky umístily do klimatické komory s teplotou 20°C a vlhkostí 70%. V klimatické komoře zůstaly, dokud se nedosáhlo ustálené hmotnosti. Tato skutečnost se ověřila kontrolním vážením. Po vytažení se vzorky umístily do exsikátoru, aby nepřijímaly vlhkost z okolního prostředí. Následně se vzorky změřily pomocí posuvného měřidla s přesností na 2 desetinná místa a zvážily taktéž s přesností na 2 desetinná místa. Po změření a zvážení probíhalo ošetření za pomoci sodného vodního skla s hmotnostní koncentrací 25% a přípravku Lukofob 39 s hmotnostní koncentrací 25%, přičemž část vzorků zůstala neošetřená a slouží jako referenční.

Ošetření probíhalo 3 různými způsoby:

- máčením po dobu 10 a 60 minut;
- jedním, dvěma nebo třemi nátěry po celé ploše;
- jedním postříkem.

Z důvodu, že pro dodatečné ošetření se v praxi ve většině případů používají nátěry, bude zkoumán účinek nátěrů po provedení každé vrstvy. Způsob ošetření byl stejný pro oba použité přípravky. Po ošetření se vzorky ponechaly v exteriérové sušárně s teplotou cca 17 °C a vlhkostí cca 60 % do dosažení ustálené hmotnosti.

Stanovení vlhkosti dřeva gravimetricky dle ČSN 49 0103

Gravimetricky je vlhkost stanovována před provedením ošetření a následně také při expozici vzorků v 2. a 3. třídě zatěžování, nebo exteriéru. Princip zkoušky spočívá v umístění vlhkých vzorků do sušárny, kde byla nastavena teplota na 103±2°C pro rostlé dřevo a 50°C pro desky na bázi dřeva. Zde byly ponechány, dokud opět nedosáhly ustálené hmotnosti. Po dosažení ustálené hmotnosti byly zváženy. Dle vzorce (2) se dopočítala vlhkost dřeva.

Vlhkost:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 [\%] \quad (2)$$

Popis veličin:

m_1 - hmotnost vzorku ve vlhkém stavu [g];

m_2 -hmotnost vzorku po vysušení [g].

Stanovení objemové hmotnosti dle ČSN 49 0108

Pro hodnocení objemové hmotnosti byly obdobně jako u dalších zkoušek použity tělesa ve tvaru pravoúhlého hranolu se základnou s rozměry 50x50 mm pro všechny zkušební

vzorky, u nichž se liší pouze výška vzorku, která u rostlého dřeva činí 50 mm a pro desky na bázi dřeva je závislá na výrobních rozměrech. U vzorků z rostlého dřeva by hrany vzorku měly odpovídat radiální a tangenciální rovině. V polovině délky vzorku byla změřena šířka, délka a výška pomocí posuvného měřidla s přesností na 2 desetinná místa. Hmotnost se stanovila pomocí digitálních vah s přesností na 2 desetinná místa. Objemová hmotnost byla stanovena na klimatizovaných a následně i ošetřených vzorcích po ustálení hmotnosti. Pomocí vzorce (3) se dopočítá objemová hmotnost.

Objemová hmotnost ρ

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (3)$$

Objem V

$$V = a * b * c \text{ [m}^3\text{]} \quad (4)$$

Popis veličin:

m- hmotnost vzorku [kg];

a - šířka [m];

b - výška [m];

c - délka [m].

Stanovení příjmu roztokudle ČSN EN 351-1

Zkušební tělesa byla umístěna do klimatické komory s teplotou 20°C a vlhkostí 70%. V klimatické komoře setrvaly, dokud se nedosáhlo ustálené hmotnosti. Tato skutečnost se opět ověřila kontrolním vážením. Po dosažení ustálené hmotnosti proběhlo umístění zkušebních vzorků do exsikátoru a následovalo vážení. Hmotnost se stanovila pomocí digitálních vah s přesností na 2 desetinná místa. Následovalo ošetření zkušebních vzorků pomocí různých způsobů a to křemičitanem sodným a přípravkem Lukofob 39. Zkušební vzorky se po ošetření povrchově osušily a opět zvažily. Pomocí vzorce (5) se stanovil příjem roztoků.

Příjem roztoku p

$$p = k * \frac{(m_x - m_0)}{A} [g/m^2] \quad (5)$$

Popis veličin:

k – koncentrace roztoku [–];

m_x – hmotnost vzorku po ošetření křemičitanem sodným nebo přípravkem Lukofob 39 a povrchovém osušení [kg];

m_0 – hmotnost vzorku po vytažení z klimatické komory [kg];

A – plocha vzorku [m^2].

Zkouška bobtnání a sesychání dle ČSN EN 317

Zkouška bobtnáním probíhala na deskách na bázi dřeva i na rostlém dřevě. Zkouška probíhala dle normy ČSN EN 317. Pro desky na bázi dřeva mají zkušební tělesa tvar kváдру se základnu s rozměry 50x50 (± 1 mm) a výškou rovnou tloušťce desky, pro rostlé dřevo jsou tělesa ve tvaru krychle a mají rozměry 50x50x50 (± 1 mm). Tloušťka zkušebních těles se změří v průřezu úhlopříček s přesností na 3 desetinná místa za pomoci mikrometru. Princip zkoušky spočívá v ponoření těles do klidné čisté vody s pH (7 ± 1) a teplotou 20 ($\pm 1^\circ\text{C}$). Tato teplota musí být udržována po celou dobu zkoušky. Doba ponoření pro všechny zkušební vzorky činí 24 hodin. V průběhu měření musí být vzorky minimálně 25 mm pod hladinou vody a zároveň ode dna i od ostatních vzorků vzdáleny minimálně 15 mm. Změna tloušťky bude stejně jako primární tloušťka měřena mikrometrem s přesností na 3 desetinná místa. Stanovení tloušťky je prováděno ve třech bodech ve vzdálenosti minimálně 2,5 mm od okrajů a ve středu zkušebního vzorku. Výsledkem zkoušky bobtnání je poté aritmetický průměr z těchto hodnot.

Stanovení vlhkostních a vzhledových změn – experimentální postup

Stanovení vlhkostních změn probíhalo za použití gravimetrické metody. Tato charakteristika byla stanovována proto, že vlhkost dřeva hraje zcela klíčovou roli při příjmu kapalin do dřeva, a také ovlivňuje mechanické i trvanlivostní parametry. Vzhledové změny jsou zase podstatné pro kvalitativní hodnocení, protože po ošetření je předpoklad, že některé

zkušební vzorky mohou měnit svou barvu, u jiných může docházet k vyplavení jejich pojiv, jako například cetris deska atd. Vzhledové změny budou popsány na základě vizuální kontroly vzorků a dokumentovány budou pomocí digitálního fotoaparátu a následovat bude srovnání se vzorky neošetřenými.

Připravené vzorky se vysušily v sušárně při teplotě $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ pro rostlé dřevo a při teplotě 50°C pro desky na bázi dřeva poté se určila jejich hmotnost. Vzorky se následně umístily do klimatizované komory s teplotou 20°C a vlhkostí 70% což odpovídá 12% vlhkosti dřeva, vzorky byly ponechány v klimatizované komoře, dokud nebylo dosaženo ustálené hmotnosti. Po vytažení z klimatizované komory se změřily rozměry s přesností na 2 desetinná místa a stanovila hmotnost taktéž na 2 desetinná místa a byl zaznamenán jejich vzhled. Poté byly vzorky ošetřeny jednotlivými způsoby a jednotlivými prostředky. Poté se vzorky nechaly vyschnout v exteriérové sušárně při teplotě cca 17°C a cca vlhkosti 60%. Následně se vzorky umístily do klimatické komory. V rámci experimentů se simulovaly vlhkostní podmínky pro druhou a třetí třídu. Pro druhou třídu bude klimatická komora nastavena na teplotu prostředí cca 25°C a relativní vlhkost vzduchu 85 – 95 %. Pro třetí třídu prostředí bude ponecháno stejné nastavení klimatické komory, tedy teplota prostředí cca 25°C a relativní vlhkost vzduchu 85 – 95 % s tím rozdílem, že se vzorky lehce dotýkají ustálené hladiny vody. Vzorky budou ponechány v uvedených prostředích do ustálení hmotnosti, přičemž průběžně je sledována změna hmotnosti, respektive vlhkosti. Poslední experimentální sada vzorků bude umístěna v exteriéru a vystavena vnějším vlivům. Doba umístění v klimatizované komoře byla do ustálené hmotnosti. Průběžně se stanovovaly i změny vlhkosti a to po předem stanovených hodinách.

7.1 Provádění experimentů a vyhodnocení zkoušek

Jednotlivé zkoušky experimentální části byly následně vyhodnoceny na základě naměřených a vypočtených hodnot pomocí grafů a tabulek. Pro přehlednost je tato část rozdělena na několik podkapitol.

7.1.1 Zkouška bobtnání vyhodnocení

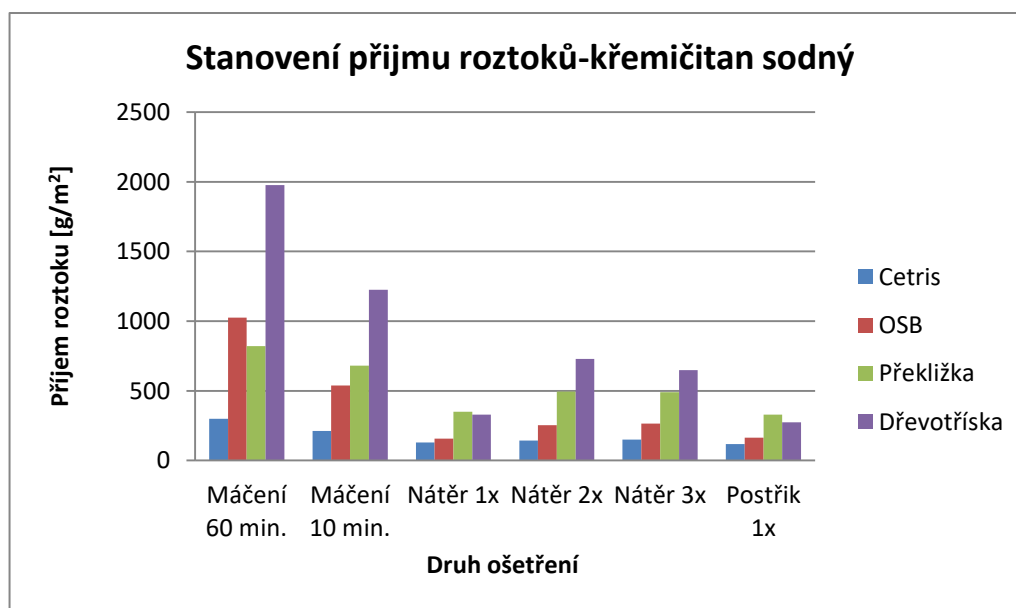
Tato zkouška probíhala dle normy ČSN EN 317. Vzorky pro bobtnání byly ošetřeny dvěma již zmíněnými látkami a to křemičitanem sodným a přípravkem Lukofob 39. Nejprve byly stanovovány hodnoty příjmu roztoku pro desky na bázi dřeva a rostlého dřeva, které jsou interpretovány ve formě tabulek a grafů. Grafy byly použity z důvodu názornosti dosažených výsledků. Za symbolem „±“ jsou uvedeny směrodatné odchylky, které byly počítány ze čtyř hodnot.

Desky na bázi dřeva

V rámci této podkapitoly jsou zhodnoceny příjmy roztoku křemičitanu sodného a přípravku Lukofob 39. Oba přípravky jsou připraveny jako vodné roztoky v hmotnostním ředění 25%. V tabulce 3 a grafu 9 jsou uvedeny příjmy roztoku křemičitanu sodného a hodnoty zjištěné u přípravku Lukofob 39 naleznete v tabulce 4 a grafu 10.

Tab. 3 Plošný příjem roztoku křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25%

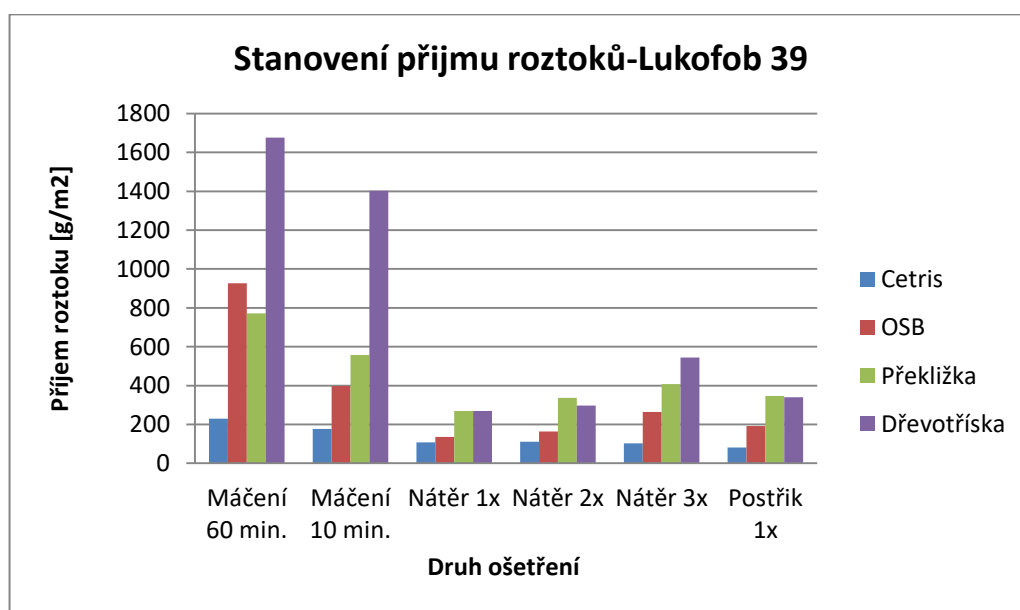
Stanovení příjmu roztoků desky na bázi dřeva-křemičitan sodný [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Cetris	300±101	211±44	129±41	142±33	151±33	117±37
OSB	1025±109	537±168	156±16	253±26	265±17	164±25
Překližka	821±154	681±80	349±24	495±93	490±252	330±65
Dřevotříska	1976±232	1224±34	329±42	728±62	648±67	274±48



Obr. 9 Graf stanovení příjmu roztoku křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25 % u desek na bázi dřeva

Tab. 4 Plošný příjem přípravku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u desek na bázi dřeva

Stanovení příjmu desky na bázi dřeva-Lukofob 39 [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Cetris	230±62	177±49	107±28	111±31	102±25	82±23
OSB	926±357	398±70	136±14	163±14	265±99	192±12
Překližka	771±178	558±94	269±23	337±47	408±46	346±56
Dřevotříska	1677±45	1403±136	270±83	297±20	544±46	340±56



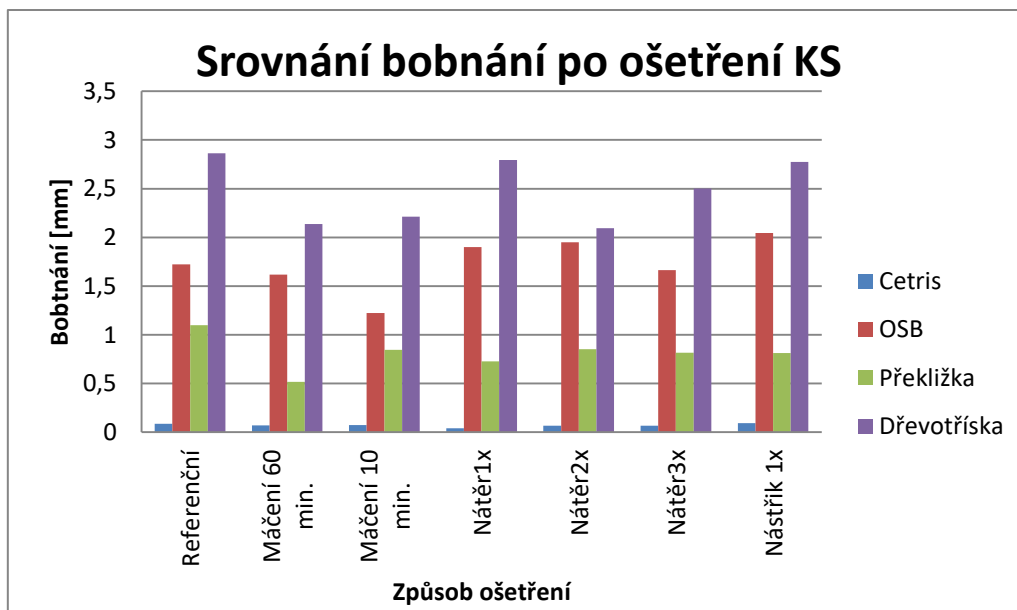
Obr. 10 Graf stanovení příjmu roztoku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u desek na bázi dřeva

Na grafu č. 9 je patrné, že nejvyšší příjem roztoku křemičitanu sodného je způsoben máčením po dobu 60 minut a to u všech zkoumaných materiálů, jelikož dochází k poměrně dlouhé době expozici vzorků v roztoku. Máčením po dobu 10 minut dosahují vzorky druhého nejvyššího příjmu roztoků. Jako efektivní způsob ošetření se jeví taktéž dva nátěry, protože při použití třech pravděpodobně dochází k vytvoření hydrofobní vrstvy, která brání dalšímu pronikání roztoku do materiálu, a proto je příjem roztoku omezen. Ostatní tři způsoby ošetření dosahují přibližně stejných hodnot. Z průběhu ošetření bylo také patrné, že při postřiku dochází k velké spotřebě ochranného materiálu, bez výraznějšího nárůstu příjmu roztoku. Graf č. 10 znázorňuje příjem roztoku vzorků ošetřených přípravkem Lukofob 39 a výsledky jsou obdobné jako u ošetření křemičitanem sodným. Jediným rozdílem je, že u ošetření Lukofobem 39 jsou efektivnější tři nátěry, což je zapříčiněno pravděpodobně menší viskozitou Lukofobu 39. Obecně nejvyšších příjmů dosahovala dřevotříska a nejnižších naopak cetris desky.

Zkouška bobtnání probíhala dle normy ČSN EN 317 a v následujících tabulkách č. 5 a 6 a grafech č. 11 a 12 jsou uvedeny zjištěné změny rozměrů způsobené bobtnáním. Každá tabulka a graf ukazuje srovnání vzorků referenčních s jednotlivými ochrannými prostředky a způsoby ošetření. Zkratky KS a LF symbolizují ochranné prostředky a to KS-křemičitan sodný a LF- Lukofob 39. Postup zkoušky byl proveden dle uvedené normy, avšak problematická byla fixace vzorků v předepsané poloze. Zafixování probíhalo pomocí sklotextilní mřížky, avšak po namočení mřížka změkla a vzorky určené pro ověření fixace vyplavaly. Z tohoto důvodu byla nejprve mřížka namočena, následně upevněná v kádích k hranolkům a až poté na ni byly naskládány vzorky. Jednalo se o dost náročný způsob zkoušení, vezmeme-li v potaz že takto bylo fixováno 208 vzorků desek na bázi dřeva a 208 vzorků rostlého dřeva.

Tab. 5 Přírůstek tloušťky při zkoušce bobtnání po ošetření křemičitanem sodným

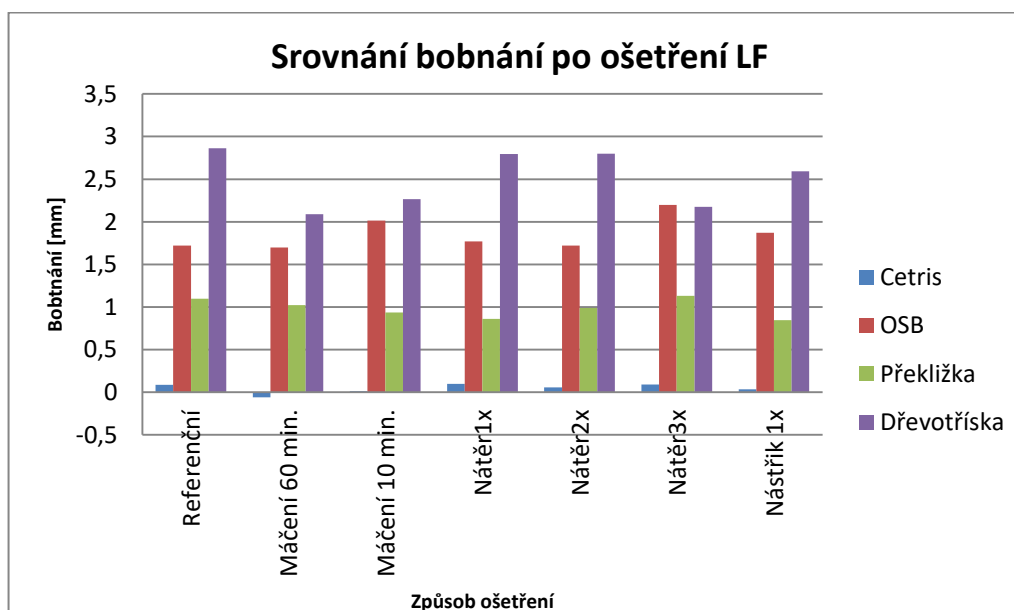
Srovnání bobtnání desek na bázi dřeva po ošetření křemičitanem sodným [mm]							
	Způsob ošetření						
Vzorek	Referenční	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr1x	Nátěr2x	Nátěr3x	Nástřik 1x
Cetris	0,087±0,152	0,070±0,168	0,073±0,090	0,040±0,047	0,067±0,081	0,068±0,115	0,092±0,066
OSB	1,722±0,207	1,619±0,420	1,222±0,226	1,900±0,367	1,950±0,435	1,663±0,177	2,045±0,509
Překližka	1,098±0,547	0,516±0,185	0,846±0,039	0,726±0,102	0,852±0,094	0,815±0,104	0,814±0,139
Dřevotříska	2,864±0,332	2,136±0,064	2,214±0,081	2,796±0,078	2,093±0,138	2,502±0,075	2,776±0,107



Obr. 11 Graf srovnání bobtnání desek na bázi dřeva po ošetření křemičitanem sodným

Tab. 6 Přírůstek tloušťky při zkoušce bobtnání po ošetření Lukofobem 39

Srovnání bobtnání desek na bázi dřeva po ošetření přípravkem Lukofob 39 [mm]							
	Způsob ošetření						
Vzorek	Referenční	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr1x	Nátěr2x	Nátěr3x	Nástřik 1x
Cetris	0,087±0,152	-0,059±0,170	0,010±0,108	0,099±0,160	0,056±0,029	0,091±0,163	0,033±0,155
OSB	1,722±0,207	1,700±0,536	2,013±0,234	1,771±0,320	1,720±0,347	2,198±0,883	1,870±0,179
Překližka	1,098±0,547	1,024±0,672	0,935±0,218	0,862±0,104	0,987±0,224	1,130±0,463	0,846±0,157
Dřevotříska	2,864±0,332	2,090±0,039	2,264±0,085	2,794±0,173	2,799±0,071	2,177±0,179	2,591±0,152



Obr. 12 Graf srovnání bobtnání desek na bázi dřeva po ošetření Lukofob 39

Vzhledem k naměřeným hodnotám, lze konstatovat, že intenzivní způsobu ošetření přináší i lepší výsledky. Při vyšších příjmech roztoku dosahovaly všechny materiály nižšího bobtnání.

Při pohledu na graf č. 11 a 12 je zřejmé, že každá deska na bázi dřeva reaguje jinak ať již dle použitého prostředku či způsobu ošetření. Vzhledem k těmto skutečnostem je nutné ke každému materiálu a způsobu ošetření přistupovat individuálně.

U OSB desky je vhodná varianta použití máčení po dobu 10 minut v křemičitanu sodném. V případě OSB desek, ale mohou být výsledky zkreslené různým měřením tloušťek, protože před ponořením do kapaliny se tloušťka měří v průsečíku úhlopříček, ale po vytažení z vody ve třech bodech vzdálených od kraje minimálně 2,5 mm. U ostatních desek tato skutečnost neměla vliv na výsledky měření, ale u OSB desky ano, protože je složena z větších a menších třísek a její povrch není ve všech místech stejný.

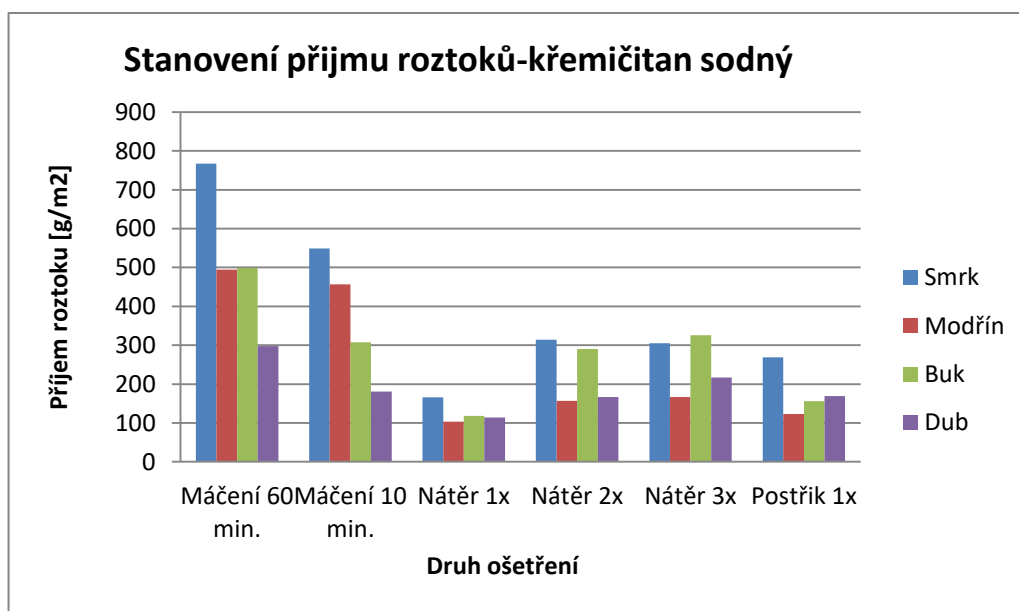
Překližka vykazovala také nejnižší smrštění při 10 minutovém máčení v křemičitanu sodném. Při celkovém pohledu ošetřená překližka dosahovala prakticky vždy nižšího bobtnání, bez ohledu na ochrannou látku nebo způsob ošetření.

Rostlé dřevo

V rámci diplomové práce byly stanoveny parametry příjmu roztoku a bobtnání pro rostlé dřevo. Příjmy roztoků rostlého dřeva byly testovány i v rámci bakalářská práce a nově získané výsledky korespondují se závěry předchozí práce. Výsledky jsou opět uvedeny v tabulkách č. 7 a 8 i grafech č. 13 a 14.

Tab. 7 Plošný příjem křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

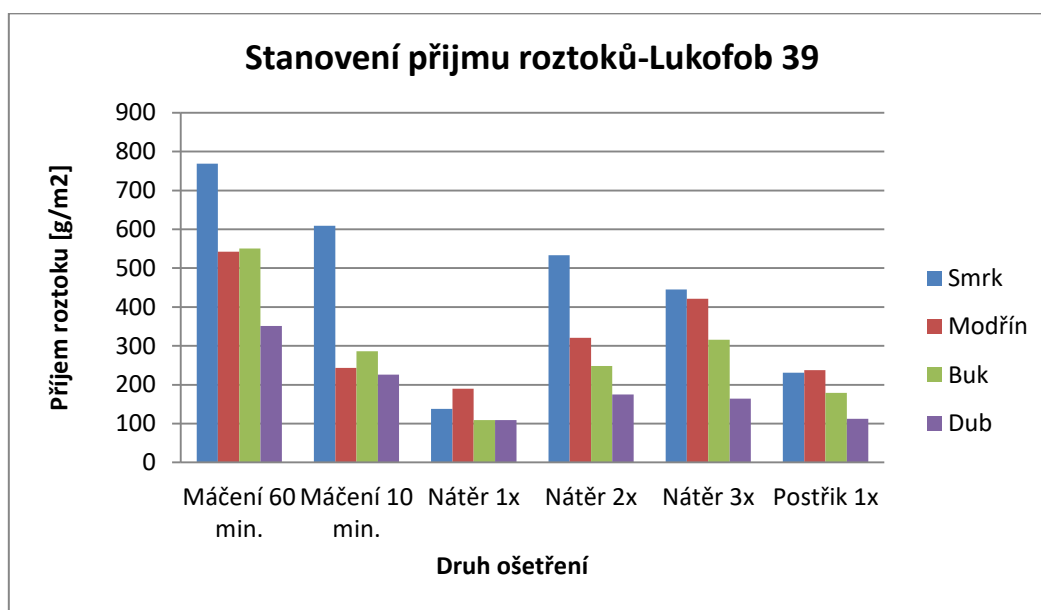
Stanovení příjmu roztoků rostlé dřevo-křemičitan sodný [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Smrk	767±117	549±114	166±26	314±38	305±63	269±21
Modřín	495±172	457±145	103±2	157±6	167±20	123±7
Buk	499±123	308±11	118±13	290±5	326±15	156±21
Dub	298±75	181±62	114±15	167±13	217±4	169±11



Obr. 13 Graf stanovení příjmu roztoku křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

Tab. 8 Plošný příjem přípravku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

Stanovení příjmu roztoků rostlé dřevo-Lukofob 39 [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Smrk	769±132	609±60	138±50	533±129	445±263	231±137
Modřín	542±202	243±91	190±106	321±138	421±26	238±45
Buk	551±14	286±17	109±18	248±39	316±93	179±58
Dub	351±56	226±85	109±8	175±20	164±22	112±42



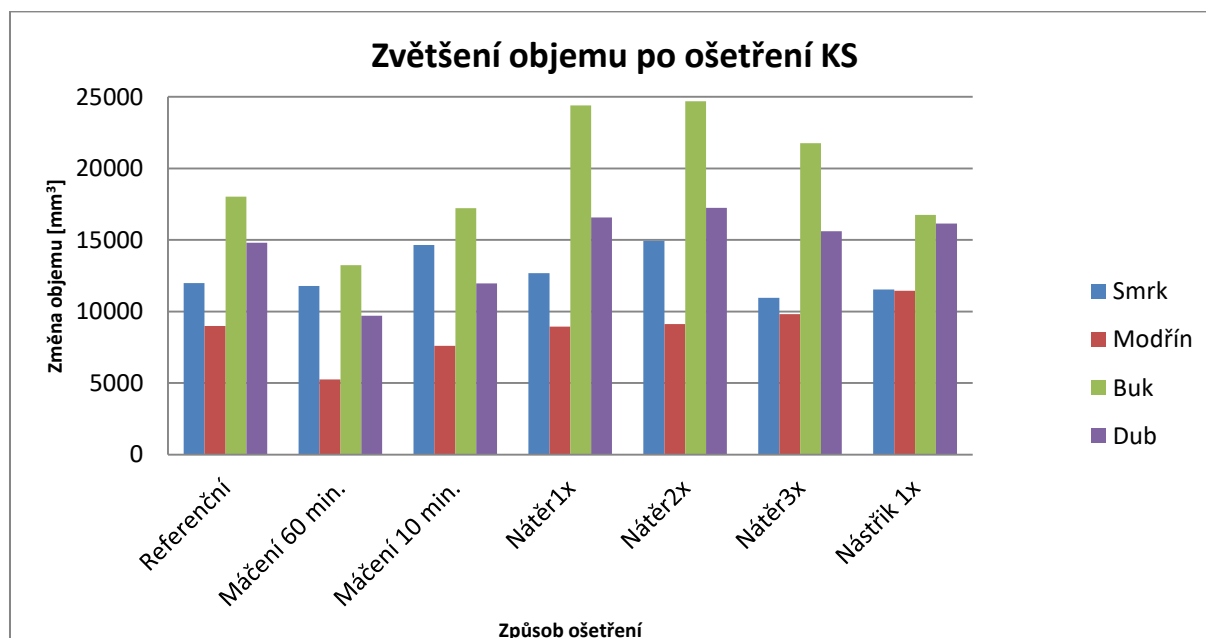
Obr. 14 Graf stanovení příjmu roztoku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u desek na bázi dřeva

U rostlého dřeva je příjem roztoků podobný jako u desek na bázi dřeva. Nejvyšších příjmů dosahují vzorky ošetřené máčením po dobu 60 minut pro obě ošetřující látky. U Lukofobu 39 je příjem druhého nátěru výrazně větší než u křemičitanu sodného a obdobně i u třetího nátěru, což je způsobeno nižší viskozitou Lukofobu.

V následujících tabulkách č. 9 a 10 a grafech č. 15 a 16 bude srovnáno celkové bobtnání vzorků ošetřených s referenčními. Jelikož byly stanovovány rozměry všech hran vzorků, budou objemové změny nejlépe popsány na základě parametru objemového bobtnání. Nejprve byl spočítán objem před zkouškou poté objem po zkoušce a v tabulkách je uveden rozdíl těchto hodnot.

Tab. 9 Objemové bobtnání rostlého dřeva při ošetření křemičitanem sodným

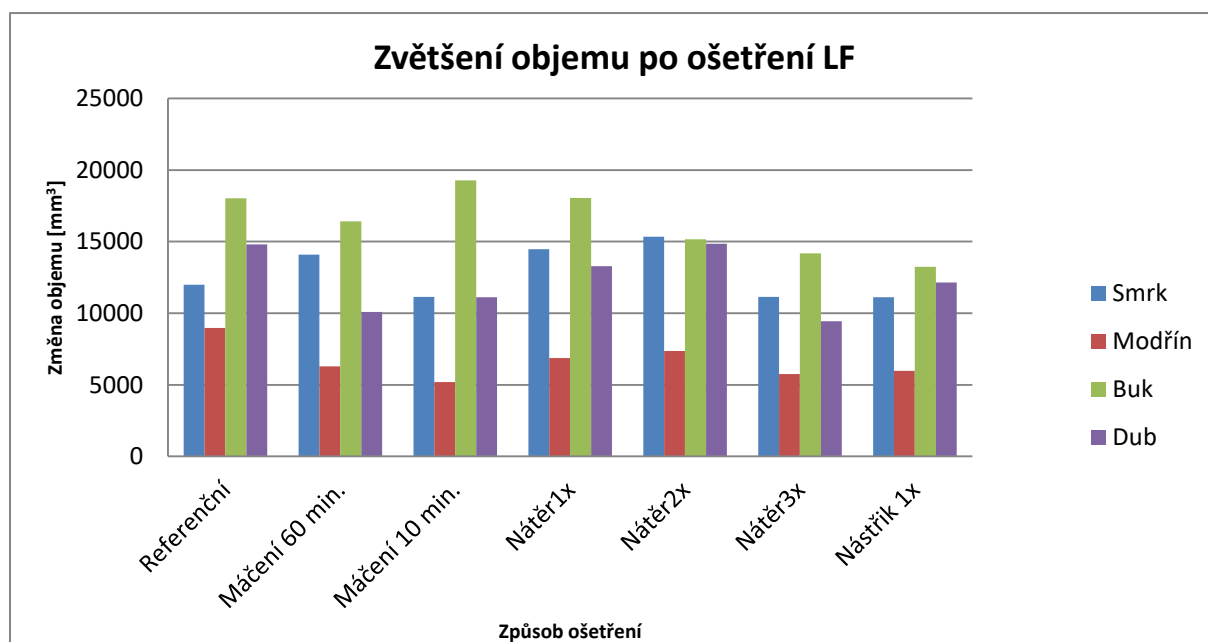
Zvětšení objemu rostlého dřeva po ošetření křemičitanem sodným [mm ³]							
	Způsob ošetření						
Vzorek	Referenční	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr1x	Nátěr2x	Nátěr3x	Nástřik 1x
Smrk	11987±2699	11783±1965	14652±1038	12666±744	14932±1921	10951±523	11533±644
Modřín	8979±2952	5259±2963	7598±1541	8932±2389	9111±3532	9804±2427	11450±5047
Buk	18030±1973	13234±930	17207±2243	24404±847	24696±272	21767±2380	16737±3130
Dub	14803±2777	9711±1391	11952±2165	16565±441	17244±351	15605±822	16144±4331



Obr. 15 Graf srovnání výsledného objemového bobtnání rostlého dřeva po ošetření křemičitanem sodným

Tab. 10 Objemové bobtnání rostlého dřeva při ošetření Lukofobem 39

Zvětšení objemu rostlého dřeva po ošetření Lukofobem 39 [mm ³]							
	Způsob ošetření						
Vzorek	Referenční	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr1x	Nátěr2x	Nátěr3x	Nástřik 1x
Smrk	11987±2699	14086±2626	11148±838	14471±1296	15352±1525	11151±1209	11109±1178
Modřín	8979±2952	6285±1499	5183±854	6879±1781	7355±1531	5760±419	5983±1047
Buk	18030±1973	16424±2793	19281±1691	18045±2935	15155±2654	14186±1342	13243±2212
Dub	14803±2777	10098±2996	11108±2035	13282±1916	14863±2293	9446±1083	12156±2341



Obr. 15 Graf srovnání výsledného objemového bobtnání rostlého dřeva po ošetření Lukofobem 39

Při porovnání ošetřených vzorků s neošetřenými je podobně jako u desek na bázi dřeva nutné individuální zhodnocení.

Smrk se po každém ošetření chová prakticky totožně jako při neošetřeném stavu. Mírně lepších výsledků dosahuje po třech nátěrech křemičitanem sodným.

Modřín a dub reagují nejlépe na intenzivnější způsoby ošetření, jako jsou máčení po dobu 10 a 60 minut. Zde dosahují vzorky výrazně nižšího bobtnání než při méně intenzivním ošetření.

Buk vykazuje pro každou ochrannou látku zcela jiné výsledky. Při intenzivním způsobu ošetření křemičitanem sodným vykazuje mírně nižší bobtnání, ale při použití nátěru a nástřiku je bobtnání mnohonásobně vyšší než v případě neošetřených vzorků. U přípravku

Lukofob 39 je výsledek značně odlišný. Po použití nátěrů dosahuje buk nižšího bobtnání než v případě neošetřených vzorků.

Dub reaguje na ošetření obdobně, jako ostatní dřeviny vyšší intenzitou ošetření dosahujeme lepších výsledků.

Závěr zkoušky bobtnání

Výsledkem této zkoušky je fakt, že ošetření ať křemičitanem sodným nebo přípravkem Lukofob 39 má za následek snížení bobtnání u desek na bázi dřeva i u dřeva rostlého. U dřeva rostlého nejsou všechny hodnoty zcela uspokojivé. Některé dřeviny po ošetření dosáhly většího bobtnání než neošetřené, což nekoresponduje s odbornou literaturou. Tato skutečnost může být způsobena značnou anizotropií dřeva. Při pohledu na tabulky se tato skutečnost jen potvrzuje, protože každé měření má velkou směrodatnou odchylku. Pro potenciální využití těchto látek jako ochranných by bylo vhodné otestovat i různé koncentrace ochranných látek pro jednotlivé typy ošetření. Obecně je ošetření vhodné a lze jej doporučit. Vhodné jsou převážně intenzivnější způsoby ošetření, jako je máčení. Je však nutné ke každému materiálu i ochrannému prostředku a způsobu ošetření přistupovat individuálně. Závěrem lze podotknout, že desky na bázi dřeva reagují na ošetření lépe než dřevo rostlé.

7.1.2 Vzhledové a vlhkostní změny vyhodnocení

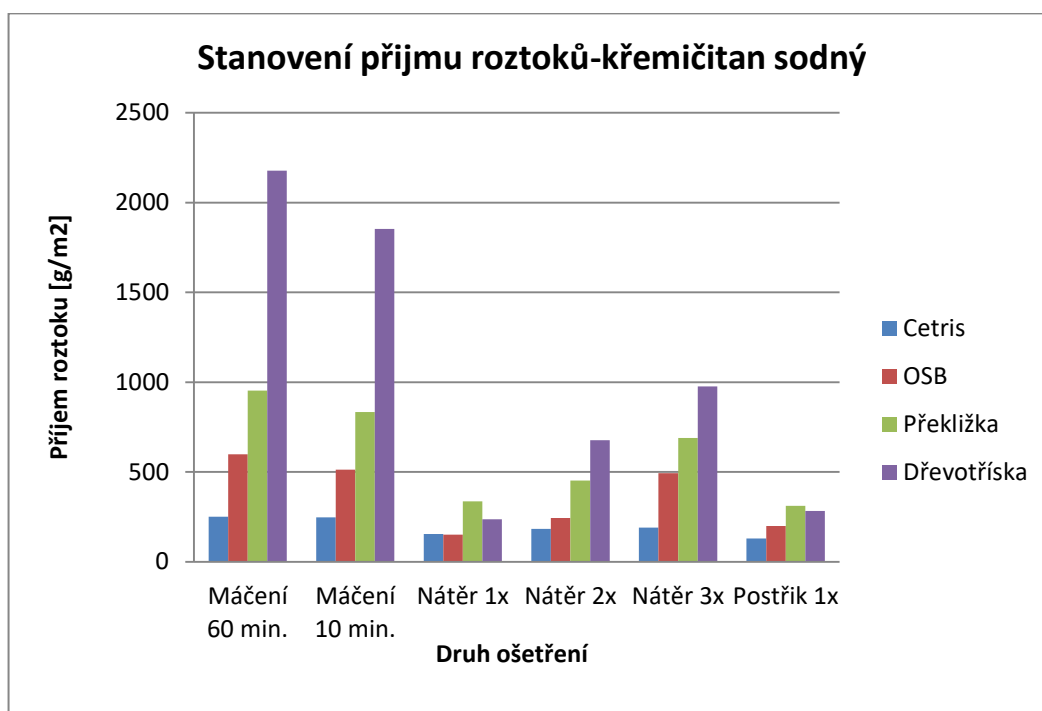
Při expozici dřevěných prvků v konstrukci dochází často k působení mnoha faktorů, které ovlivňují vlhkostní chování a vzhledové změny dřeva (změna barvy a struktury). Vlhkostní chování je pro změnu zcela klíčové pro odolnost dřeva vůči biologickým škůdcům, jelikož s rostoucí vlhkostí je dřevo náchylnější k degradaci těmito škůdci.

Desky na bázi dřeva 2. Třída prostředí

Obdobně jako u předchozích zkoušek je opět nejdříve stanoven příjem roztoků v tabulkách č. 11 a 12 a grafech č. 16 a 17 a následně vlhkostní a vzhledové změny pro druhou a třetí třídu prostředí.

Tab. 11 Plošný příjem křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25% u desek na bázi dřeva

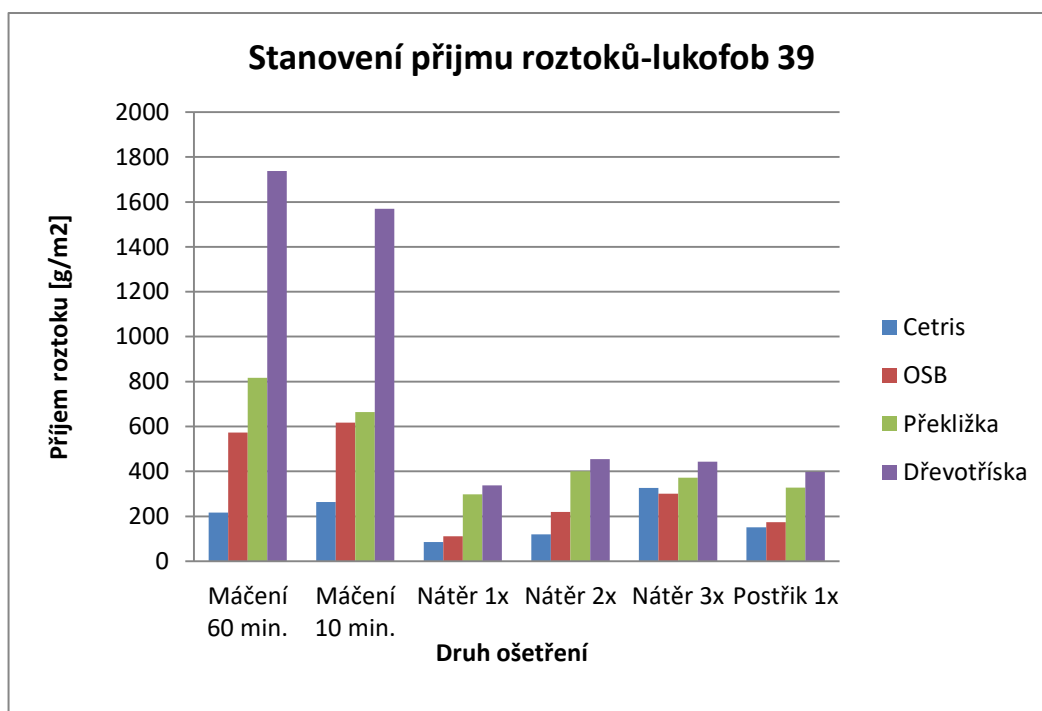
Stanovení příjmu roztoků desky na bázi dřeva-křemičitan sodný [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Cetris	251±17	247±17	155±47	183±74	190±13	130±39
OSB	598±56	513±55	151±22	244±41	494±35	200±19
Překližka	953±69	834±51	336±20	452±117	690±186	311±13
Dřevotříska	2178±187	1853±86	237±22	677±106	976±105	283±27



Obr. 16 Graf stanovení příjmu křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25% u desek na bázi dřeva

Tab. 12 Plošný příjem přípravku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

Stanovení příjmu desky na bázi dřeva-lukofob 39 [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Cetris	216±47	264±62	85±7	119±20	326±39	151±32
OSB	573±82	617±114	111±10	219±4	301±38	174±14
Překližka	816±169	664±118	297±65	400±128	372±52	328±15
Dřevotříska	1737±97	1570±219	337±109	454±74	443±48	397±56



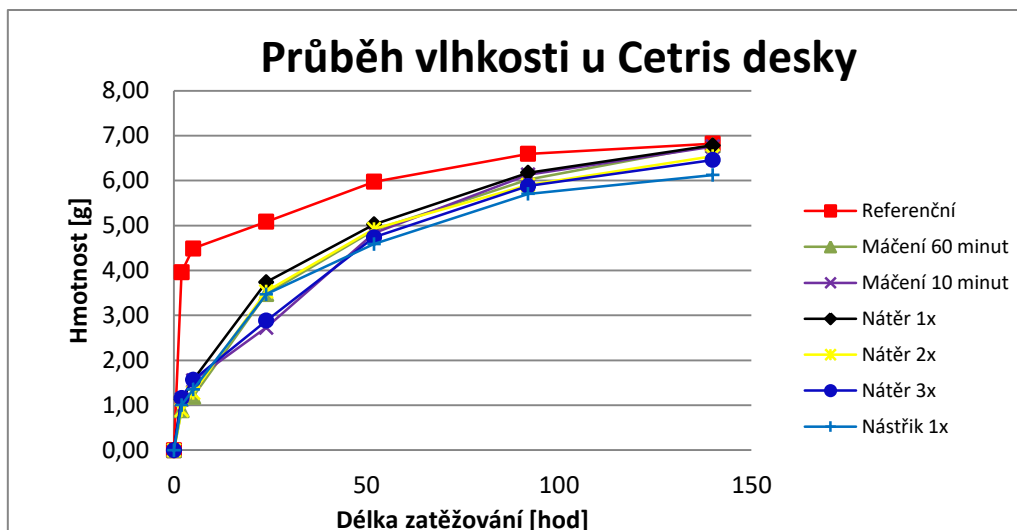
Obr. 17 Graf stanovení příjmu roztoku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u desek na bázi dřeva

Příjem jednotlivých vzorků pro obě ošetřující látky a všechny druhy ošetření je prakticky totožný jako v předchozí kapitole. Nejvyšší příjem je opět zapříčiněn máčením po dobu 60 a 10 minut.

Pro vyhodnocení vlhkostních změn slouží spojnicové grafy, které by sledovaly nárůst vlhkosti v čase a zároveň srovnávaly ošetřené vzorky s referenčními. Pro druhou třídu prostředí byly podmínky stanoveny na 25°C a vlhkost 85%. Vyhodnocení bude provedeno obdobně jako v předchozí části práce pomocí tabulek č. 13-20 a grafů č. 17-24.

Tab. 13 Průběh vlhkosti u Cetris desky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

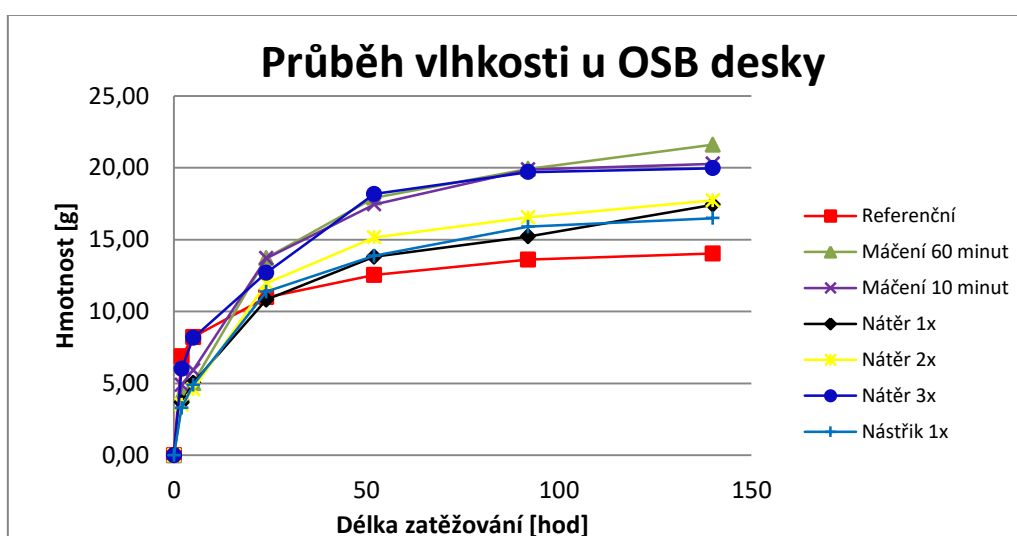
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, Cetris [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	3,96±0,39	4,49±0,39	5,08±0,37	5,98±0,40	6,60±0,36	6,83±0,52
Máčení 60 minut	0,00±0,00	0,89±0,04	1,19±0,10	3,48±0,07	4,90±0,08	6,02±0,11	6,79±0,11
Máčení 10 minut	0,00±0,00	1,13±0,17	1,55±0,17	2,73±0,84	4,84±0,13	6,13±0,13	6,76±0,20
Nátěr 1x	0,00±0,00	1,12±0,20	1,57±0,30	3,74±0,44	5,03±0,49	6,18±0,47	6,78±0,39
Nátěr 2x	0,00±0,00	0,89±0,18	1,28±0,24	3,53±0,47	4,93±0,55	5,91±0,57	6,55±0,47
Nátěr 3x	0,00±0,00	1,16±0,10	1,57±0,05	2,88±0,21	4,74±0,20	5,88±0,27	6,46±0,34
Nástřik 1x	0,00±0,00	1,00±0,18	1,35±0,14	3,47±0,29	4,59±0,33	5,71±0,32	6,13±0,21



Obr. 17 Graf srovnání průběhu vlhkosti u Cetris desky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 14 Průběh vlhkosti u OSB desky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

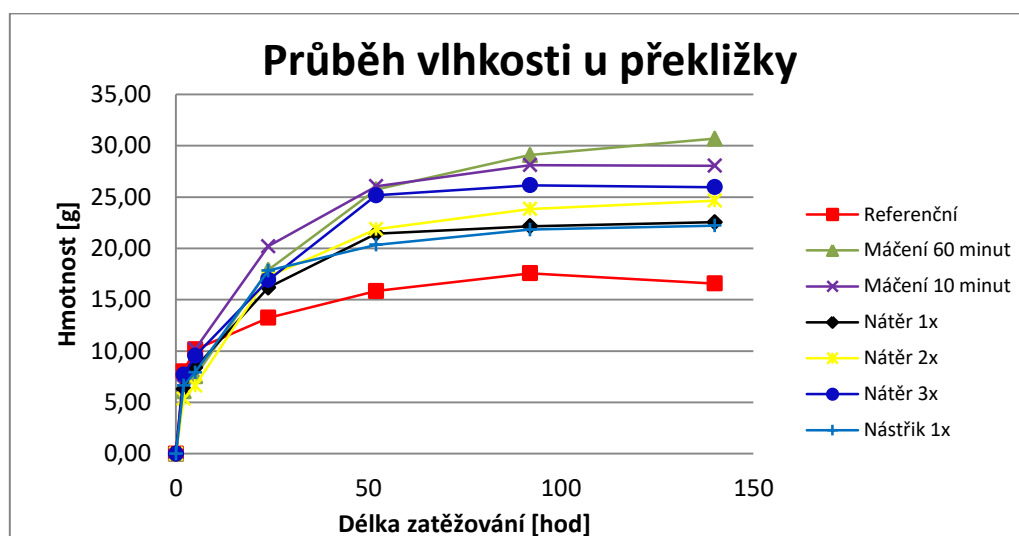
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, OSB [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	6,88±0,53	8,22±0,56	10,99±0,31	12,54±0,29	13,61±0,20	14,03±0,16
Máčení 60 minut	0,00±0,00	4,25±0,34	5,02±0,17	13,72±0,45	17,92±0,48	19,92±0,41	21,61±0,51
Máčení 10 minut	0,00±0,00	4,91±0,56	5,92±0,44	13,71±0,31	17,45±0,26	19,88±0,33	20,28±0,60
Nátěr 1x	0,00±0,00	3,66±0,64	5,02±0,79	10,83±0,72	13,81±0,84	15,23±0,78	17,43±2,33
Nátěr 2x	0,00±0,00	3,52±0,41	4,59±0,65	11,97±1,02	15,16±0,92	16,55±0,95	17,73±0,98
Nátěr 3x	0,00±0,00	6,01±0,45	8,17±0,42	12,70±0,75	18,18±0,73	19,70±0,79	19,97±0,89
Nástřik 1x	0,00±0,00	3,30±0,04	4,89±0,12	11,38±0,60	13,88±0,63	15,90±0,65	16,49±0,56



Obr. 18 Graf srovnání průběhu vlhkosti u OSB desky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 15 Průběh vlhkosti u překližky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

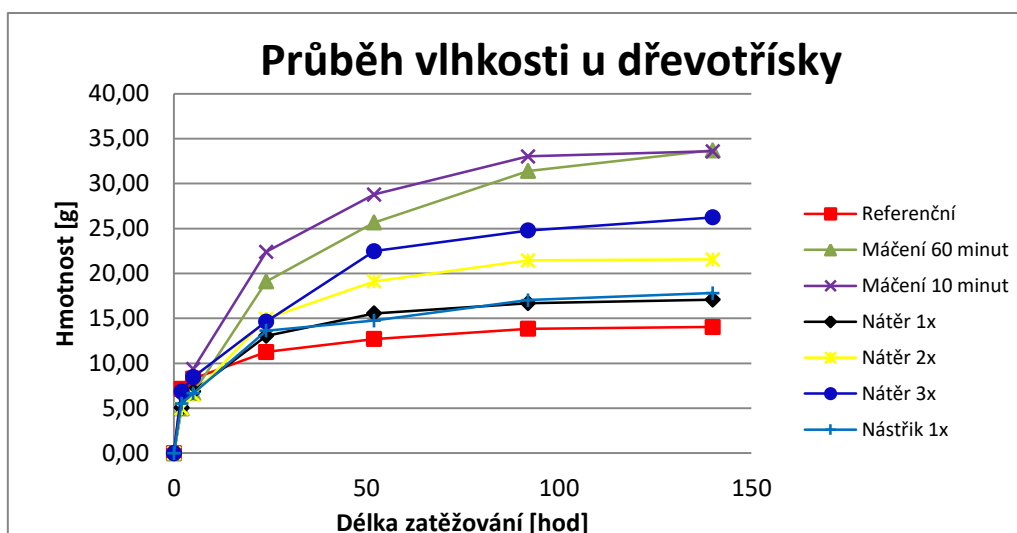
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, překližka [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	8,02±0,64	10,16±0,51	13,24±0,49	15,84±0,26	17,58±0,11	16,58±2,06
Máčení 60 minut	0,00±0,00	6,07±0,52	7,54±0,55	17,90±0,78	25,74±0,77	29,09±0,57	30,68±0,54
Máčení 10 minut	0,00±0,00	6,57±0,70	10,19±0,48	20,21±1,14	26,06±0,66	28,11±0,83	28,05±1,05
Nátěr 1x	0,00±0,00	6,30±0,49	8,38±0,24	16,18±0,62	21,44±0,42	22,16±0,52	22,55±0,63
Nátěr 2x	0,00±0,00	5,36±0,36	6,65±0,48	17,25±1,01	21,87±0,97	23,84±0,80	24,65±0,82
Nátěr 3x	0,00±0,00	7,70±0,60	9,53±0,70	16,92±1,68	25,17±0,98	26,15±1,48	25,96±1,82
Nástřik 1x	0,00±0,00	6,63±0,36	7,92±0,27	17,84±1,13	20,35±0,91	21,83±0,79	22,22±0,72



Obr. 19 Graf srovnání průběhu vlhkosti u překližky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 16 Průběh vlhkosti u dřevotřísky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

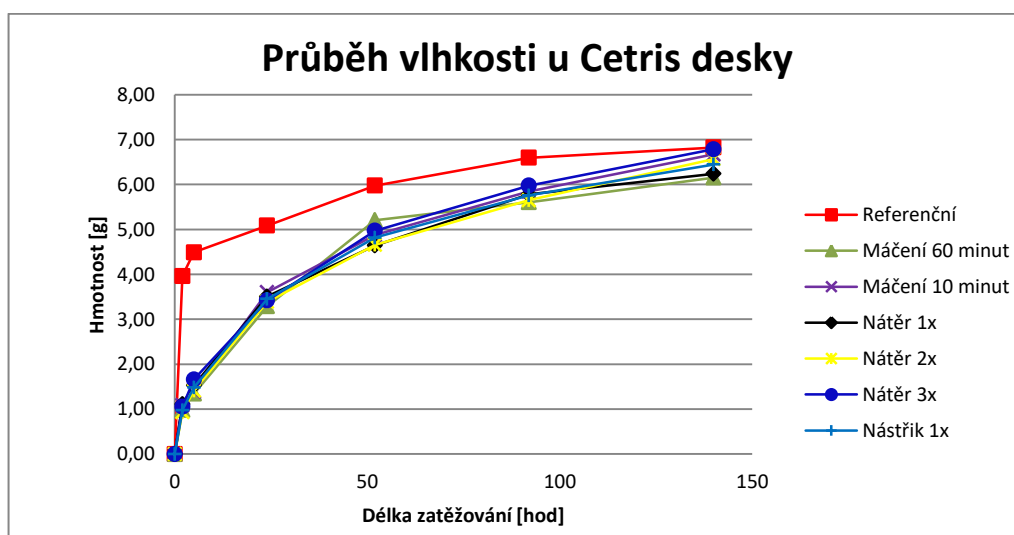
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, dřevotříska [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	7,15±0,80	8,29±0,58	11,27±0,32	12,71±0,25	13,85±0,21	14,05±0,15
Máčení 60 minut	0,00±0,00	5,00±0,88	6,69±0,94	19,11±1,03	25,67±1,28	31,41±1,41	33,71±1,87
Máčení 10 minut	0,00±0,00	5,81±0,32	9,35±0,74	22,42±1,12	28,80±0,73	33,04±0,77	33,61±0,70
Nátěr 1x	0,00±0,00	5,07±0,34	6,89±0,33	13,07±0,42	15,56±0,33	16,71±0,31	17,09±0,31
Nátěr 2x	0,00±0,00	4,98±0,38	6,49±0,55	14,98±1,13	19,12±1,32	21,46±1,68	21,56±3,61
Nátěr 3x	0,00±0,00	6,87±0,63	8,47±0,62	14,66±1,82	22,49±1,21	24,78±1,03	26,25±1,29
Nástřik 1x	0,00±0,00	5,53±0,34	6,65±0,39	13,64±0,56	14,76±1,79	17,04±0,39	17,82±0,47



Obr. 20 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dřevotřísky po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 17 Průběh vlhkosti u Cetrís desky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

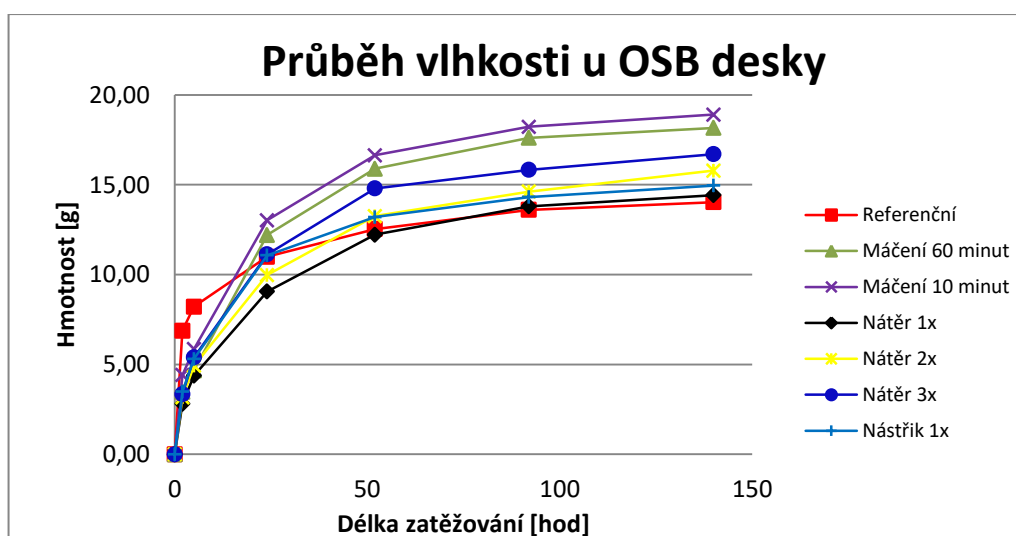
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, Cetrís [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	3,96±0,39	4,49±0,39	5,08±0,37	5,98±0,40	6,60±0,36	6,83±0,52
Máčení 60 minut	0,00±0,00	0,98±0,06	1,35±0,08	3,29±0,14	5,21±0,95	5,61±0,15	6,15±0,11
Máčení 10 minut	0,00±0,00	1,09±0,10	1,39±0,09	3,61±0,34	4,88±0,39	5,84±0,46	6,67±0,39
Nátěr 1x	0,00±0,00	1,11±0,07	1,53±0,12	3,51±0,31	4,64±0,32	5,78±0,31	6,24±0,31
Nátěr 2x	0,00±0,00	0,94±0,13	1,41±0,13	3,39±0,27	4,66±0,24	5,65±0,16	6,57±0,17
Nátěr 3x	0,00±0,00	1,05±0,16	1,66±0,22	3,42±0,55	4,97±0,56	5,98±0,55	6,79±0,52
Nástřik 1x	0,00±0,00	0,98±0,21	1,48±0,27	3,45±0,66	4,82±0,63	5,76±0,56	6,45±0,44



Obr. 21 Graf srovnání průběhu vlhkosti u Cetrís desky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Tab. 18 Průběh vlhkosti u OSB desky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

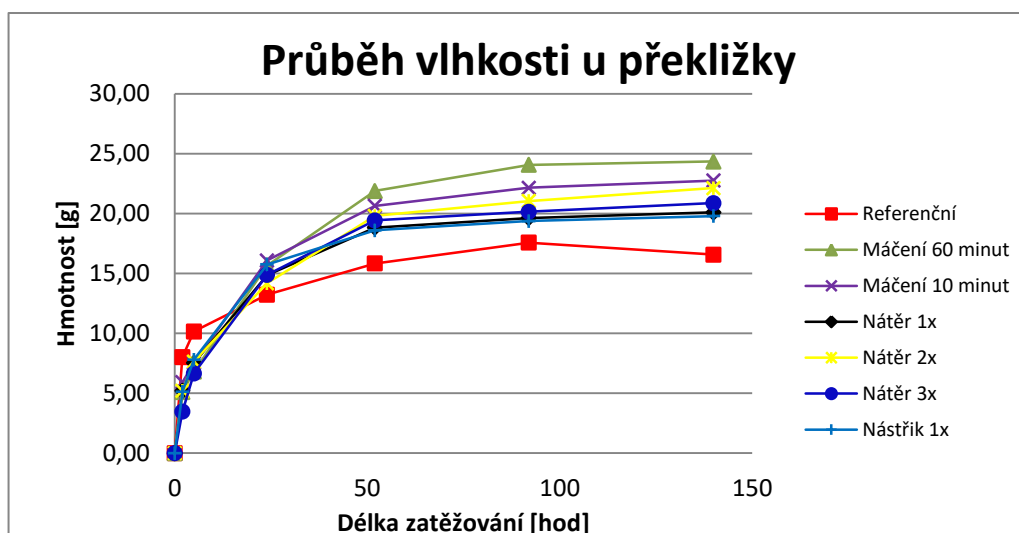
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, OSB [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	6,88±0,53	8,22±0,56	10,99±0,31	12,54±0,29	13,61±0,20	14,03±0,16
Máčení 60 minut	0,00±0,00	3,47±0,28	4,67±0,39	12,20±0,77	15,90±0,86	17,62±0,84	18,17±0,76
Máčení 10 minut	0,00±0,00	4,41±0,37	5,85±0,35	13,03±1,01	16,64±0,72	18,22±0,83	18,90±0,76
Nátěr 1x	0,00±0,00	2,82±0,32	4,38±0,60	9,06±0,64	12,22±0,56	13,80±0,47	14,42±0,55
Nátěr 2x	0,00±0,00	3,17±0,11	4,93±0,21	9,98±0,43	13,26±0,22	14,62±0,15	15,79±0,16
Nátěr 3x	0,00±0,00	3,35±0,22	5,40±0,24	11,13±1,17	14,80±0,88	15,83±0,70	16,70±0,62
Nástřik 1x	0,00±0,00	3,49±0,52	5,31±0,66	11,07±1,42	13,20±0,78	14,32±0,51	14,96±0,45



Obr. 22 Graf srovnání průběhu vlhkosti u OSB desky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Tab. 19 Průběh vlhkosti u překližky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

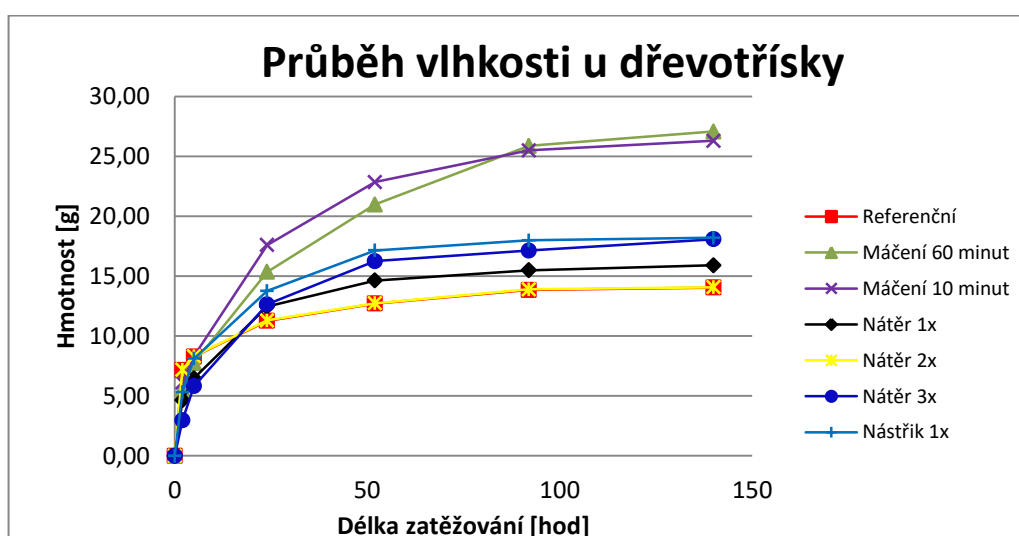
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, překližka [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	8,02±0,64	10,16±0,51	13,24±0,49	15,84±0,26	17,58±0,11	16,58±2,06
Máčení 60 minut	0,00±0,00	5,11±0,35	6,82±0,23	15,68±1,04	21,89±1,43	24,07±1,59	24,34±1,53
Máčení 10 minut	0,00±0,00	5,93±0,30	7,53±0,23	16,09±0,10	20,64±0,31	22,15±0,50	22,75±0,52
Nátěr 1x	0,00±0,00	5,22±0,50	7,53±0,59	14,88±0,93	18,83±1,04	19,64±0,82	20,11±0,87
Nátěr 2x	0,00±0,00	5,21±0,49	7,65±0,58	14,20±0,35	19,80±0,95	21,04±0,69	22,14±0,72
Nátěr 3x	0,00±0,00	3,47±0,52	6,66±0,57	14,89±0,38	19,44±0,48	20,15±0,45	20,88±0,44
Nástřik 1x	0,00±0,00	5,12±0,28	7,81±0,87	15,75±0,59	18,60±0,11	19,38±0,38	19,80±0,44



Obr. 23 Graf srovnání průběhu vlhkosti u překližky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Tab. 20 Průběh vlhkosti u dřevotřísky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, dřevotříska [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	7,15±0,80	8,29±0,58	11,27±0,32	12,71±0,25	13,85±0,21	14,05±0,15
Máčení 60 minut	0,00±0,00	5,53±0,19	7,75±0,15	15,36±1,63	20,99±0,79	25,87±0,80	27,07±0,43
Máčení 10 minut	0,00±0,00	6,12±0,37	8,32±0,37	17,61±0,95	22,85±1,46	25,49±1,52	26,30±1,59
Nátěr 1x	0,00±0,00	4,66±0,35	6,47±0,24	12,46±0,27	14,64±0,35	15,49±0,34	15,91±0,40
Nátěr 2x	0,00±0,00	7,19±0,26	8,32±0,55	11,31±0,86	12,73±0,93	13,90±0,88	14,07±0,89
Nátěr 3x	0,00±0,00	2,96±0,44	5,82±0,88	12,65±0,39	16,26±0,22	17,14±0,46	18,09±0,59
Nástřik 1x	0,00±0,00	5,33±0,90	8,11±0,83	13,77±1,01	17,15±1,11	17,98±1,07	18,20±1,27



Obr. 24 Graf srovnání průběhu vlhkosti dřevotřísky po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Expozici vzorků v druhé třídě prostředí bylo zjištěno, že vzorky neošetřené se chovají ve většině případů lépe než vzorky ošetřené. Tento efekt byl relativně překvapující, i když použitá ošetření jsou primárně určena jako bariéra proti vodě v kapalném skupenství. Při srovnání vzorků ošetřených máčením po dobu 60 minut, bylo zjištěno, že ošetření přípravkem lukofob 39 má spíše nežádoucí vliv v podobě většího příjmu vlhkosti. Vyšší hygroskopická materiálů ošetřených tímto organokřemičitanem již byla prokázána. Vzorky ošetřené křemičitan sodným mají nižší nárůst hmotnosti.

Vzhledové změny budou sledovány v průběhu zatěžování a zaznamenány na fotografie. Tyto fotografie naleznete v příloze 5 a 6, kde jsou seřazeny tak, jak byly pořízeny v jednotlivých časových intervalech. Vzhled vzorků se expozicí příliš neměnil a z tohoto důvodu byl vzhled zaznamenán jen v několika určitých intervalech.

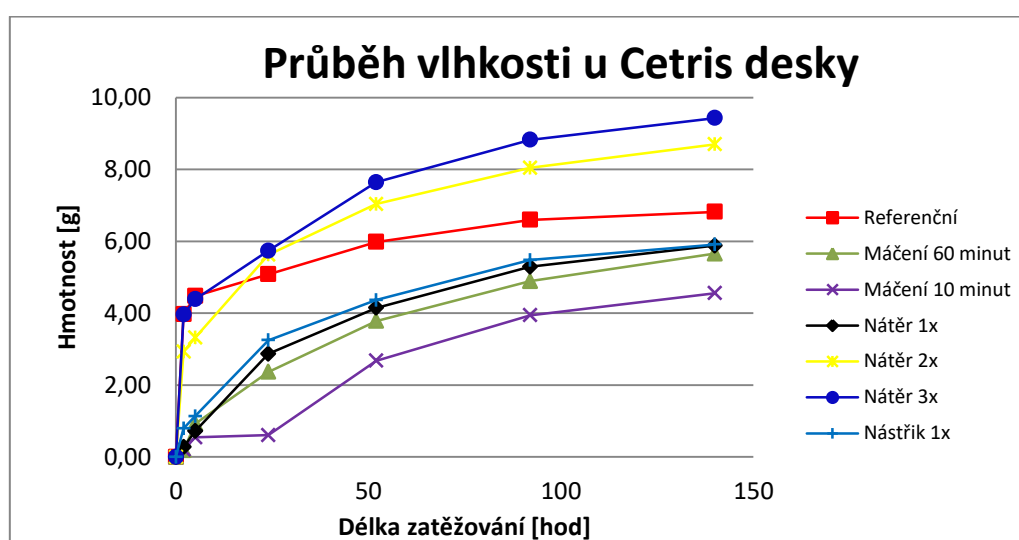
Desky na bázi dřeva 3. třída prostředí

Po 2. třídě prostředí byly tytéž vzorky vystaveny 3. třídě prostředí s teplotou 25°C vlhkostí 90% a vzorky byly v kontaktu s ustálenou hladinou vody. Pro kontakt vzorků s ustálenou hladinou bylo použito opět tzv. „perlinky“ a stejně jako dříve musel být nejprve namočena a až poté mohla sloužit jako pomyslný rošt. Velkým problémem při měření byla také skutečnost průhybu perlinky, díky čemuž byly některé vzorky mírně ponořeny. Této skutečnosti nešlo příliš zabránit. Po napnutí vždy časem došlo k povolení perlinky. Dalším problémem v počátcích měření byl velký úbytek vody a nutnost průběžného dolévání. To se projevilo zejména v intervalu mezi 5-24 hodinami, kdy se vzorky již nedotýkali ustálené hladiny vody. Pro provedení měření by bylo vhodné vyrobit nejlépe kovový rošt dostatečné velikosti, který by byl umístěn v nízké nádobě tak aby se vešel do klimatizované komory a aby měl dostatečnou kapacitu pro umístění vzorků. Bohužel tato skutečnost byla ověřena až v průběhu měření a může sloužit jako návod pro budoucí zkoumání vzorků.

V tabulkách č. 21-28 a grafem č. 25-32 je i přes výše popsané skutečnosti, naměřené hodnoty po jednotlivých časových intervalech.

Tab. 21 Průběh vlhkosti u Cetris desky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

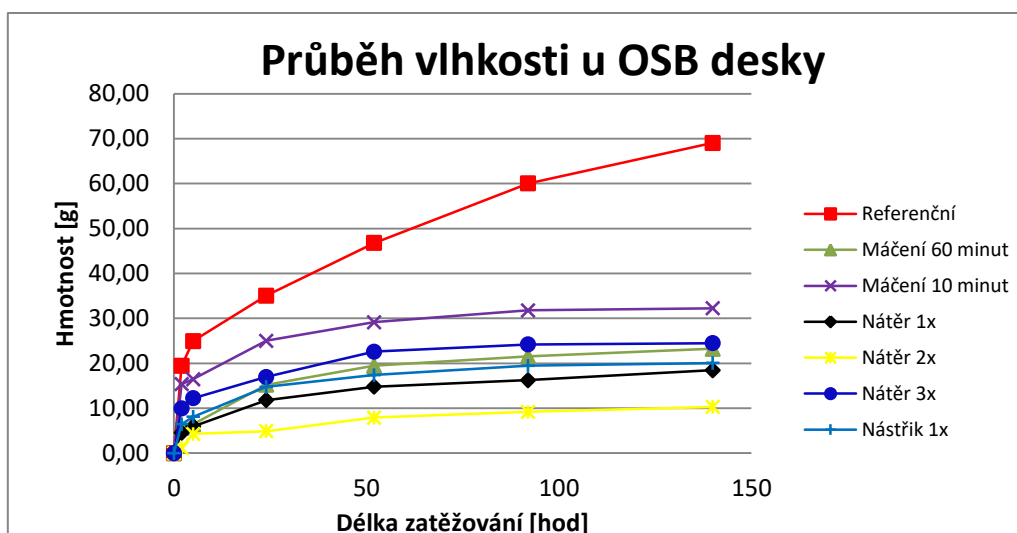
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, Cetris [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	3,97±0,45	4,48±0,15	5,08±0,40	5,98±0,55	6,60±0,82	6,82±0,09
Máčení 60 minut	0,00±0,00	0,18±0,10	0,92±0,69	2,37±0,72	3,78±0,23	4,89±0,94	5,66±0,19
Máčení 10 minut	0,00±0,00	0,20±0,10	0,54±0,18	0,61±0,69	2,68±0,39	3,94±0,44	4,56±0,35
Nátěr 1x	0,00±0,00	0,27±0,13	0,72±0,14	2,87±0,86	4,15±0,26	5,29±0,58	5,88±0,39
Nátěr 2x	0,00±0,00	2,93±0,38	3,32±0,30	5,62±0,48	7,04±0,05	8,04±0,44	8,70±0,35
Nátěr 3x	0,00±0,00	3,96±0,43	4,39±0,73	5,74±0,50	7,64±0,70	8,83±0,07	9,43±0,26
Nástřik 1x	0,00±0,00	0,80±0,12	1,13±0,62	3,25±0,11	4,36±0,07	5,48±0,9	5,91±0,11



Obr. 25 Graf srovnání průběhu vlhkosti u Cetris desky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 22 Průběh vlhkosti u OSB desky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

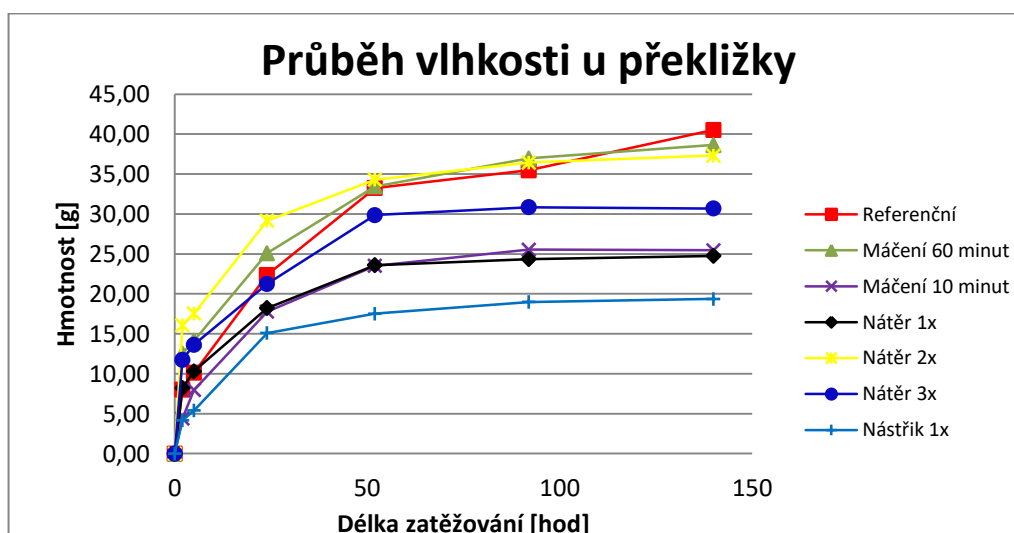
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, OSB [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	19,45±0,45	24,95±0,96	35,06±0,63	46,80±0,55	60,06±0,44	69,08±0,19
Máčení 60 minut	0,00±0,00	5,63±0,60	6,42±0,56	15,24±0,66	19,49±0,23	21,55±0,27	23,25±0,63
Máčení 10 minut	0,00±0,00	15,36±0,21	16,48±0,56	25,03±0,08	29,14±0,39	31,80±0,70	32,27±0,07
Nátěr 1x	0,00±0,00	4,58±0,70	5,98±0,41	11,81±0,53	14,81±0,05	16,28±0,50	18,47±0,48
Nátěr 2x	0,00±0,00	1,15±0,65	4,30±0,70	4,91±0,03	7,93±0,70	9,21±0,70	10,30±0,12
Nátěr 3x	0,00±0,00	10,01±0,43	12,25±0,48	16,96±0,38	22,62±0,11	24,21±0,09	24,48±0,77
Nástřik 1x	0,00±0,00	6,46±0,29	8,09±0,04	14,78±0,10	17,39±0,34	19,48±0,17	20,07±0,81



Obr. 26 Graf srovnání průběhu vlhkosti u OSB desky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 23 Průběh vlhkosti u překližky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

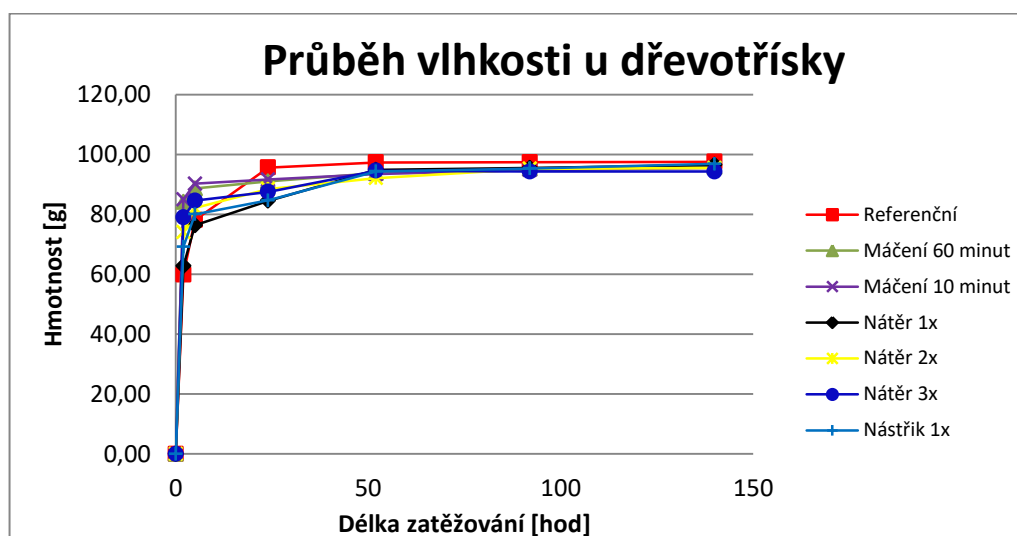
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, překližka [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	8,02±0,97	10,13±0,08	22,38±0,46	33,26±1,10	35,48±0,78	40,53±0,04
Máčení 60 minut	0,00±0,00	12,55±0,42	14,14±0,65	25,11±0,59	33,45±1,67	36,97±0,64	38,66±0,07
Máčení 10 minut	0,00±0,00	4,40±0,40	7,96±0,26	17,79±0,07	23,51±1,25	25,53±0,56	25,46±0,18
Nátěr 1x	0,00±0,00	8,20±0,38	10,32±0,52	18,22±0,28	23,59±1,52	24,36±0,08	24,75±0,35
Nátěr 2x	0,00±0,00	16,07±0,20	17,54±0,52	29,17±0,59	34,31±1,51	36,43±0,28	37,32±0,79
Nátěr 3x	0,00±0,00	11,72±0,38	13,64±0,25	21,26±0,61	29,86±1,26	30,85±0,85	30,69±0,35
Nástřik 1x	0,00±0,00	4,17±0,99	5,39±0,31	15,09±0,31	17,53±1,25	18,98±0,67	19,37±0,34



Obr. 27 Graf srovnání průběhu vlhkosti u překližky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 24 Průběh vlhkosti u dřevotřísky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

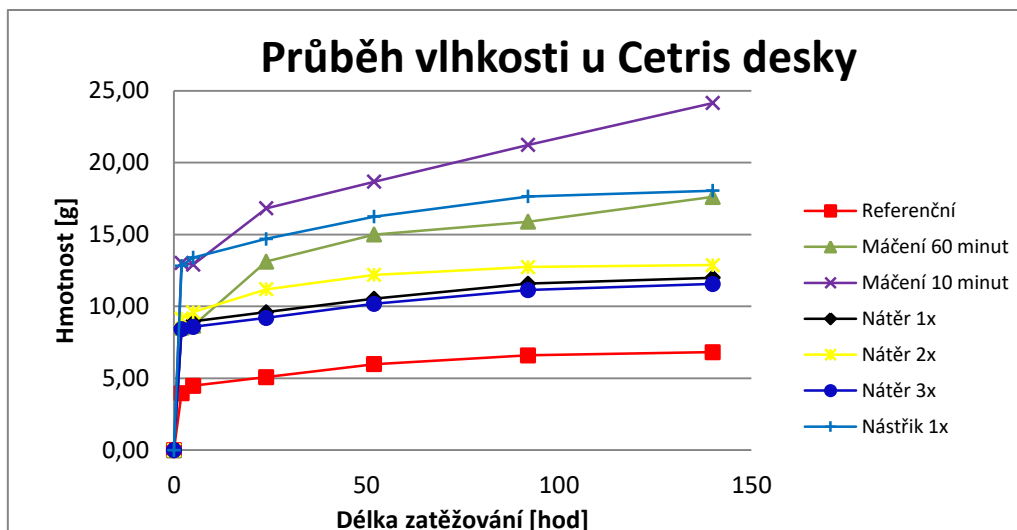
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-křemičitan sodný, dřevotříska [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	59,88±2,04	78,10±2,21	95,63±2,08	97,32±2,45	97,40±2,47	97,54±2,26
Máčení 60 minut	0,00±0,00	84,09±2,38	88,64±2,20	91,00±2,65	93,77±2,62	95,23±2,58	95,73±2,02
Máčení 10 minut	0,00±0,00	84,99±2,28	90,22±2,36	91,61±2,26	93,47±2,42	94,76±2,14	95,51±2,07
Nátěr 1x	0,00±0,00	62,71±2,46	76,35±2,27	84,52±2,52	94,85±2,07	95,47±2,27	96,48±2,02
Nátěr 2x	0,00±0,00	74,10±2,12	82,08±2,86	88,45±2,52	92,08±2,13	95,20±2,61	95,48±2,07
Nátěr 3x	0,00±0,00	78,97±2,41	84,55±2,05	87,52±2,25	94,56±2,05	94,30±2,59	94,32±2,07
Nástřik 1x	0,00±0,00	69,19±2,12	80,00±2,21	84,67±2,14	94,33±2,75	95,32±2,83	96,85±2,11



Obr. 28 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dřevotřísky po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 25 Průběh vlhkosti u Cetris desky po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

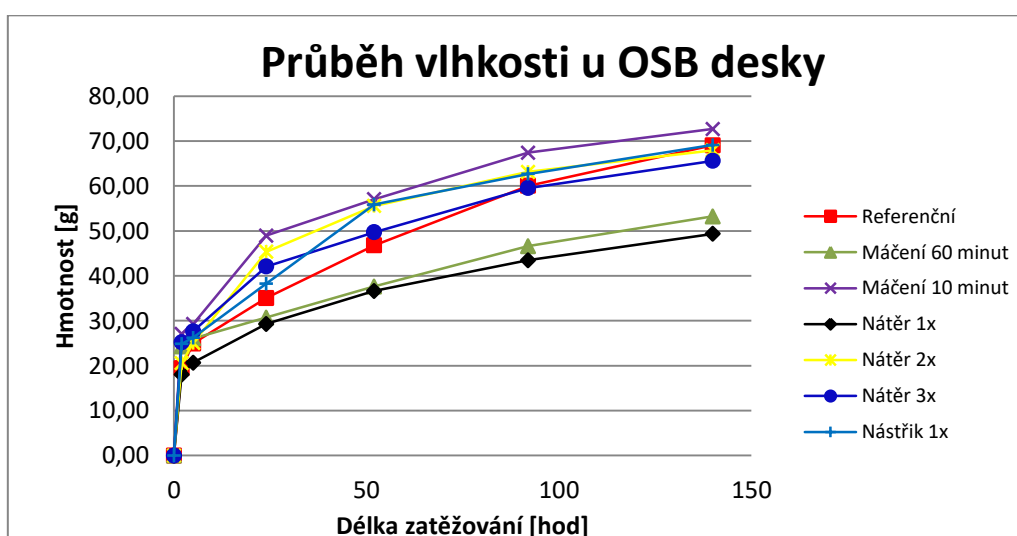
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, Cetris [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	3,97±0,45	4,48±0,15	5,08±0,40	5,98±0,55	6,60±0,82	6,82±0,09
Máčení 60 minut	0,00±0,00	8,52±0,33	8,66±0,04	13,12±0,38	15,00±0,12	15,89±0,75	17,62±0,46
Máčení 10 minut	0,00±0,00	13,04±0,48	12,91±0,38	16,83±0,05	18,68±0,74	21,24±0,04	24,16±0,59
Nátěr 1x	0,00±0,00	8,54±0,08	8,97±0,28	9,60±0,01	10,54±0,62	11,58±0,92	11,99±0,07
Nátěr 2x	0,00±0,00	9,14±0,20	9,60±0,46	11,19±0,62	12,19±0,48	12,74±0,35	12,88±0,28
Nátěr 3x	0,00±0,00	8,42±0,43	8,57±0,12	9,20±0,48	10,18±0,15	11,14±0,42	11,56±0,59
Nástřik 1x	0,00±0,00	12,83±0,04	13,40±0,41	14,70±0,15	16,25±1,12	17,65±0,50	18,05±0,61



Obr. 29 Graf srovnání průběhu vlhkosti u Cetris desky po Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Tab. 26 Průběh vlhkosti u OSB desky po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

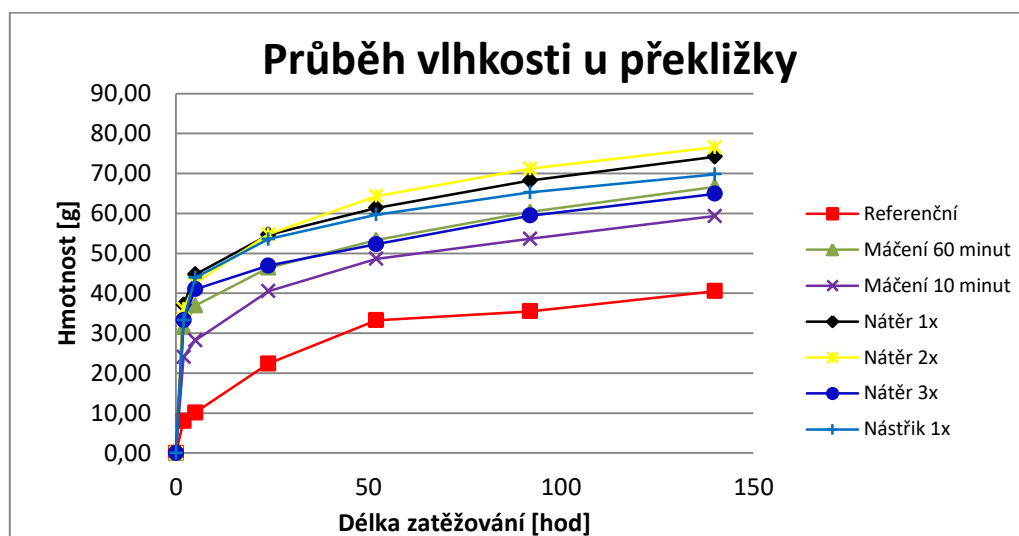
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, OSB [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	19,45±0,45	24,95±0,96	35,06±0,63	46,80±0,55	60,06±0,44	69,08±0,19
Máčení 60 minut	0,00±0,00	24,31±0,73	26,08±0,87	30,72±0,52	37,64±0,19	46,63±0,76	53,24±0,35
Máčení 10 minut	0,00±0,00	27,06±0,79	29,25±0,79	48,90±0,69	57,05±0,37	67,42±0,76	72,71±0,30
Nátěr 1x	0,00±0,00	18,03±0,61	20,70±0,27	29,20±0,59	36,64±0,35	43,50±0,15	49,37±0,50
Nátěr 2x	0,00±0,00	20,57±0,25	25,05±0,56	45,39±0,05	55,56±0,26	63,14±0,70	67,94±0,49
Nátěr 3x	0,00±0,00	25,23±0,07	27,67±0,54	42,09±0,12	49,70±0,44	59,53±0,51	65,62±0,52
Nástřik 1x	0,00±0,00	24,86±0,72	26,23±0,83	38,29±0,36	55,87±0,90	62,69±0,78	69,14±0,28



Obr. 30 Graf srovnání průběhu vlhkosti u OSB desky po Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Tab. 27 Průběh vlhkosti u překližky po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

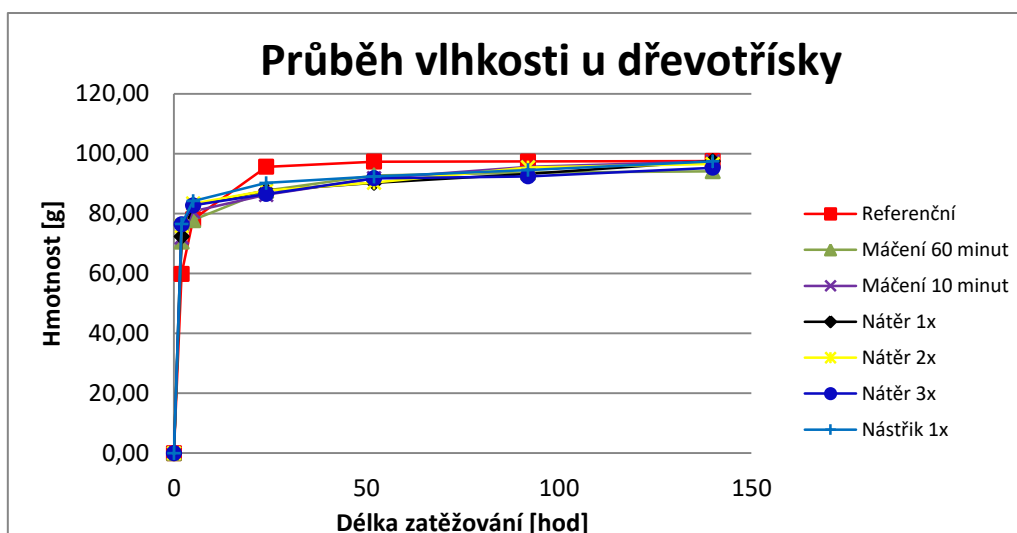
Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, překližka [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	8,02±0,97	10,13±0,08	22,38±0,46	33,26±1,10	35,48±0,78	40,53±0,04
Máčení 60 minut	0,00±0,00	31,50±0,90	36,94±0,21	46,38±0,61	53,31±0,51	60,38±0,37	66,69±0,61
Máčení 10 minut	0,00±0,00	24,05±0,88	28,19±0,74	40,54±0,54	48,64±0,40	53,66±0,85	59,34±0,40
Nátěr 1x	0,00±0,00	37,10±0,53	44,71±0,95	54,63±0,78	61,38±0,85	68,25±0,47	74,21±1,27
Nátěr 2x	0,00±0,00	36,05±0,52	42,50±0,38	54,79±0,35	64,36±0,32	71,22±0,37	76,58±0,26
Nátěr 3x	0,00±0,00	33,27±0,38	41,00±0,52	46,89±0,91	52,28±0,96	59,44±0,45	64,89±1,06
Nástřik 1x	0,00±0,00	33,27±0,24	43,90±0,46	53,58±0,26	59,69±0,84	65,28±0,37	69,81±0,90



Obr. 31 Graf srovnání průběhu vlhkosti u překližky po Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Tab. 28 Průběh vlhkosti u dřevotřísky po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Vlhkost desek na bázi dřeva, ošetření-Lukofob 39, dřevotříska [%]							
	Časový interval měření [hod]						
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	59,88±2,04	78,10±2,21	95,63±2,08	97,32±2,45	97,40±2,47	97,54±2,26
Máčení 60 minut	0,00±0,00	70,66±0,25	77,84±1,11	87,65±0,20	92,73±0,77	93,73±1,03	94,11±1,17
Máčení 10 minut	0,00±0,00	71,99±0,42	80,70±1,43	86,28±0,58	91,80±1,66	95,55±0,52	97,43±1,50
Nátěr 1x	0,00±0,00	72,40±0,34	82,81±1,16	87,73±1,09	90,26±0,77	93,25±1,04	97,48±1,16
Nátěr 2x	0,00±0,00	75,93±0,52	83,33±0,96	87,67±1,13	90,36±0,90	95,42±0,50	96,54±0,97
Nátěr 3x	0,00±0,00	76,40±0,23	82,77±0,46	86,54±1,26	91,78±1,68	92,45±0,95	95,32±0,47
Nástřik 1x	0,00±0,00	76,49±0,39	84,20±0,71	90,24±1,39	92,36±1,39	94,58±0,63	97,45±0,70



Obr. 32 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dřevotřísky po Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Nárůst hmotnosti je pro všechny způsoby ošetření desek na bázi dřeva podobný. Nejvyšší nárůst hmotnosti je v prvních hodinách po kontaktu s vodou, kdy do sebe deska přijímá vodu. U neošetřených vzorků je tento proces rychlejší tudíž se ověřil fakt, že ošetřující látky vykazují hydrofobní vlastnosti. U křemičitanu sodného dochází k pozvolnému nárůstu hmotnosti, zatímco u Lukofobu 39 se jedná spíše o rychlejší nárůst. Toto chování je typické pro Cetris deky a OSB desky.

Překližka také na ošetření reaguje spíše pozitivně, ale rozdíl mezi jednotlivými způsoby ošetření není příliš patrný. Neošetřené vzorky však podle grafů vykazují horší výsledky, protože přijímají vodu ve větším množství i po delší expozici.

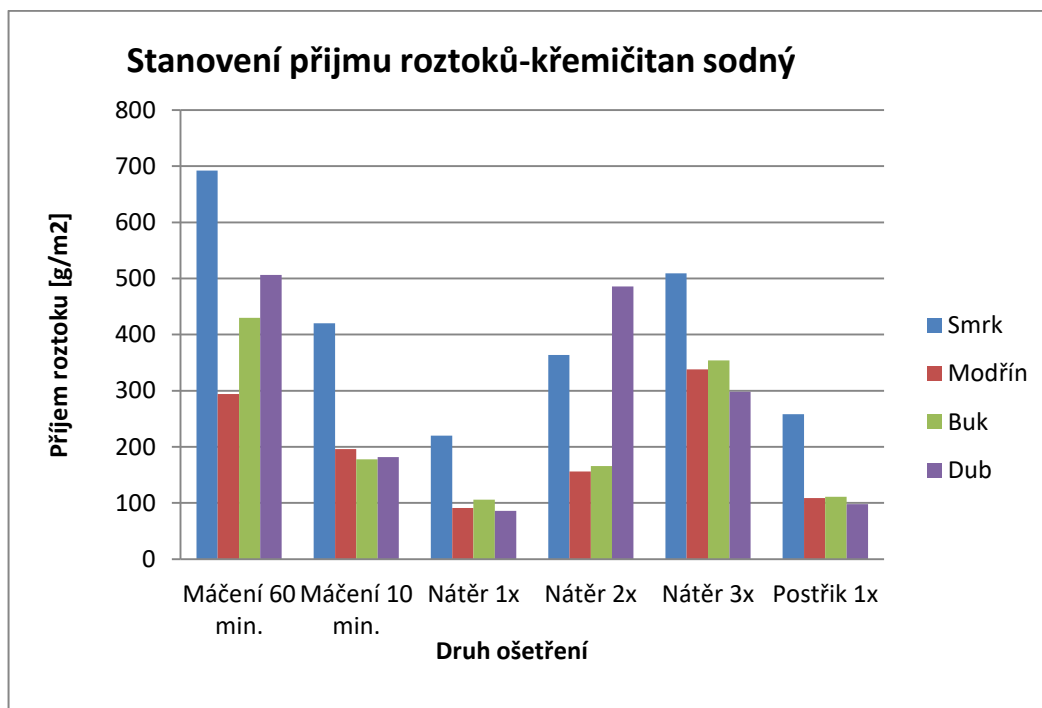
Ošetření nemělo na dřevotřísku prakticky vliv. Na počátku testování přijala značné množství vody, které nabylo téměř finálních hodnot již po 24 hodinách. V následujících měřeních nebyl zaznamenán výrazný nárůst hmotnosti, protože deska již byla pravděpodobně nasycena.

Rostlé dřevo 2. třída prostředí

V tabulce č. 29 a 30 a grafech č. 33 a 34 můžeme vidět příjem roztoků vzorků určených pro stanovení vzhledových a vlhkostních změn u rostlého dřeva.

Tab. 29 Plošný příjem křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

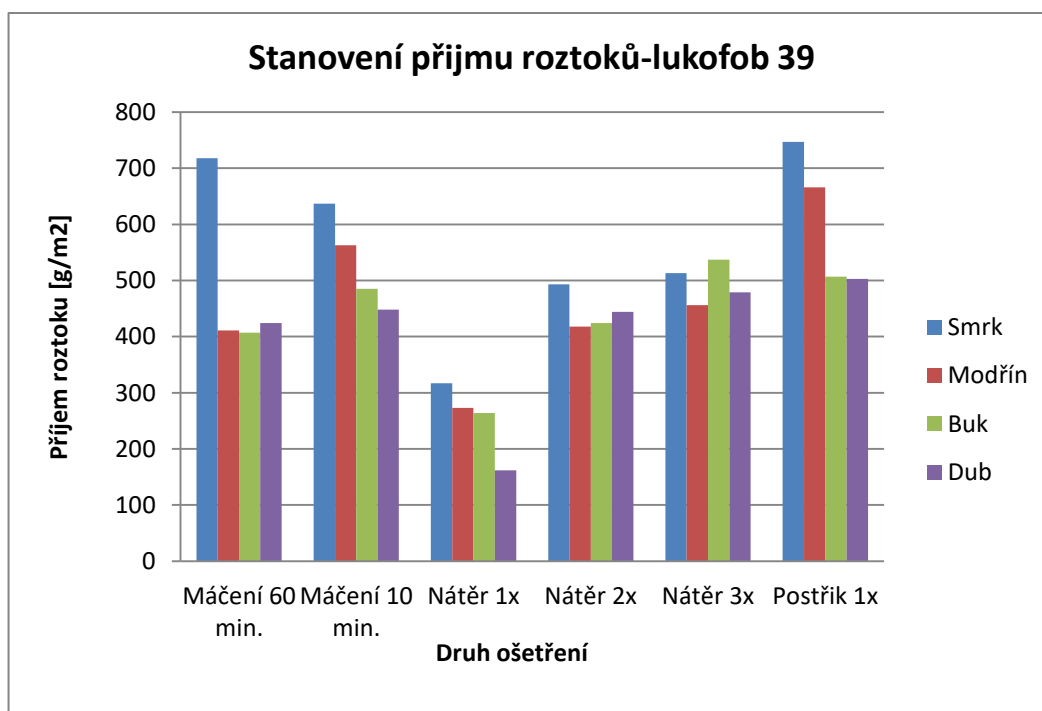
Stanovení příjmu roztoků rostlé dřevo-křemičitan sodný [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Smrk	692±19	420±5	220±24	364±7	509±11	258±44
Modřín	294±13	196±90	91±11	156±26	338±45	109±36
Buk	430±6	178±46	106±22	166±37	354±118	111±31
Dub	506±38	182±38	86±9	486±17	298±23	98±8



Obr. 33 Graf stanovení příjmu křemičitanu sodného v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

Tab. 30 Plošný příjem přípravku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

Stanovení příjmu roztoků rostlé dřevo-lukofob 39 [g/m ²]						
	Druh ošetření					
Vzorek	Máčení 60 min.	Máčení 10 min.	Nátěr 1x	Nátěr 2x	Nátěr 3x	Postřik 1x
Smrk	718±102	637±71	317±59	493±68	513±46	747±60
Modřín	411±172	563±78	273±67	418±79	456±243	666±129
Buk	407±30	485±83	264±94	424±49	537±108	507±62
Dub	424±25	448±16	162±54	444±62	479±78	503±76



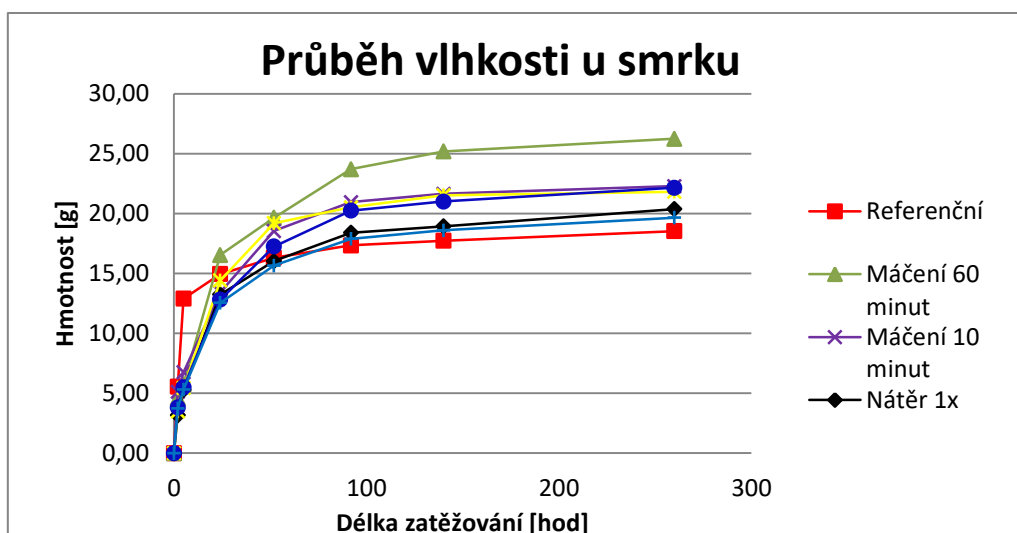
Obr. 34 Graf stanovení příjmu roztoku Lukofob 39 v hmotnostním ředění 25% u rostlého dřeva

Příjem roztoku křemičitanu sodného u vzorků rostlého dřeva je prakticky totožný jako u předchozích vzorků. Velký rozdíl je příjmu lukofobu při ošetření postřikem. V tomhle případě ošetření došlo k největšímu příjmu, což může být způsobeno právě charakterem aplikace s nerovnoměrným nanesením roztoku. Další naměřené hodnoty se odlišují jen nepatrně. Pro kontrolu by bylo vhodné provést doplňující měření, které vzhledem k časové náročnosti nebylo uskutečněno.

V tabulkách č. 31-38 jsou uvedeny hodnoty hmotnosti se vzrůstajícím časem. V grafech č. 35-42 jsou porovnány vzorky referenční a ošetřené. Jako v případě desek na bázi dřeva jsou uvedeny vždy tabulky a grafy pro každou dřeviny a ošetřující látku.

Tab. 31 Průběh vlhkosti u smrku po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

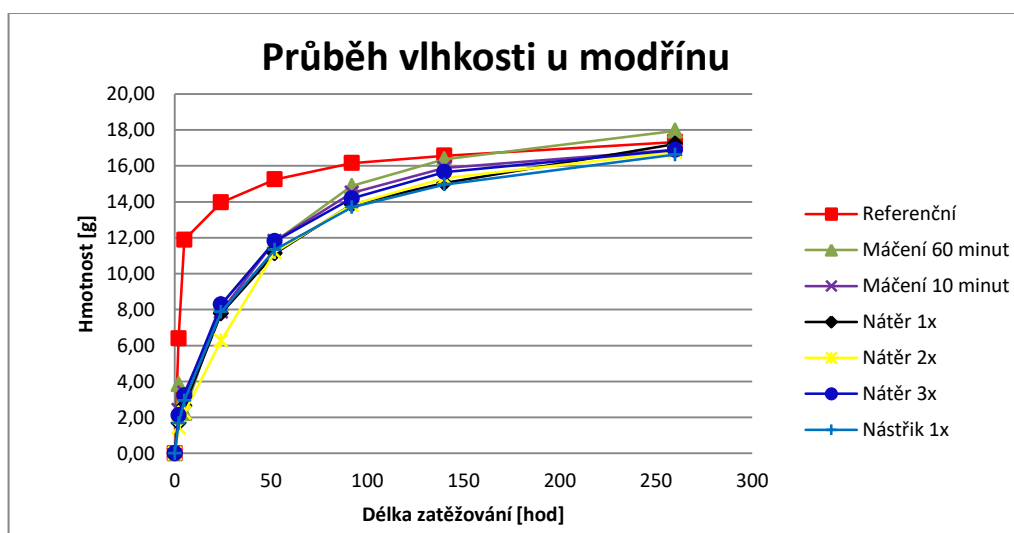
Vlhkost rostlého dřeva-křemičitan sodný, smrk [%]								
Způsob ošetření	Časový interval měření [hod]							
	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	5,55±0,88	12,90±0,55	14,95±0,19	16,32±0,10	17,34±0,08	17,73±0,03	18,54±0,05
Máčení 60 minut	0,00±0,00	4,60±0,74	5,75±0,68	16,54±0,23	19,66±0,17	23,71±0,44	25,19±0,21	26,24±0,56
Máčení 10 minut	0,00±0,00	5,12±0,24	6,76±0,31	13,43±0,81	18,55±0,53	20,96±0,38	21,65±0,40	22,29±0,32
Nátěr 1x	0,00±0,00	3,18±0,15	5,29±0,34	13,25±0,18	16,04±0,17	18,40±0,44	18,94±0,23	20,38±0,30
Nátěr 2x	0,00±0,00	3,49±0,90	5,45±0,59	14,43±0,90	19,20±0,15	20,53±0,15	21,54±0,15	21,83±0,24
Nátěr 3x	0,00±0,00	3,82±0,74	5,49±0,68	12,82±1,57	17,25±1,39	20,25±1,01	21,01±0,93	22,15±0,89
Nástřik 1x	0,00±0,00	3,73±0,45	5,30±0,67	12,56±1,30	15,66±0,79	17,90±0,83	18,60±0,84	19,66±0,64



Obr. 35 Graf srovnání průběhu vlhkosti u smrku po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 32 Průběh vlhkosti u modřínu po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

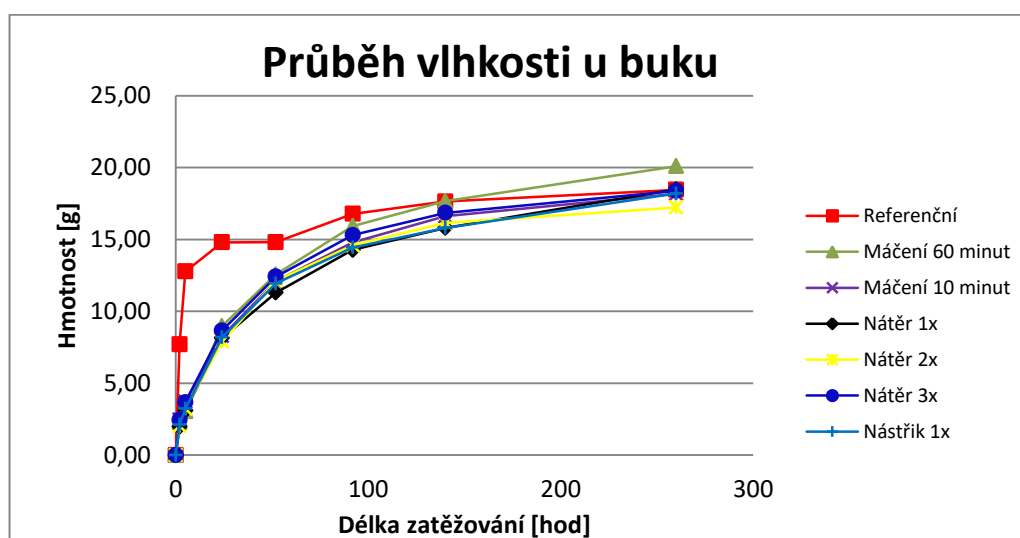
Vlhkost rostlého dřeva-křemičitan sodný, modřín [%]								
	Časový interval měření [hod]							
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	6,40±0,53	11,88±0,56	13,96±0,49	15,24±0,71	16,15±0,74	16,56±0,82	17,32±1,03
Máčení 60 minut	0,00±0,00	3,84±3,99	2,24±0,53	8,32±0,35	11,78±0,28	14,88±0,28	16,37±0,49	17,95±0,79
Máčení 10 minut	0,00±0,00	2,41±0,23	3,37±0,17	7,89±0,19	11,81±0,31	14,50±0,40	15,88±0,49	16,90±0,47
Nátěr 1x	0,00±0,00	1,69±0,21	2,64±0,19	7,79±0,70	11,13±0,63	13,85±0,66	15,04±0,72	17,23±1,11
Nátěr 2x	0,00±0,00	1,45±0,34	2,25±0,28	6,28±0,58	11,19±0,38	13,83±0,47	15,32±1,23	16,78±1,50
Nátěr 3x	0,00±0,00	2,12±0,43	3,23±0,34	8,28±0,47	11,80±0,20	14,19±0,24	15,66±0,42	16,88±0,78
Nástřik 1x	0,00±0,00	1,68±0,66	2,93±0,41	7,87±0,51	11,34±0,33	13,69±0,51	14,96±0,76	16,62±1,11



Obr. 36 Graf srovnání průběhu vlhkosti u modřínu po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 33 Průběh vlhkosti u buku po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

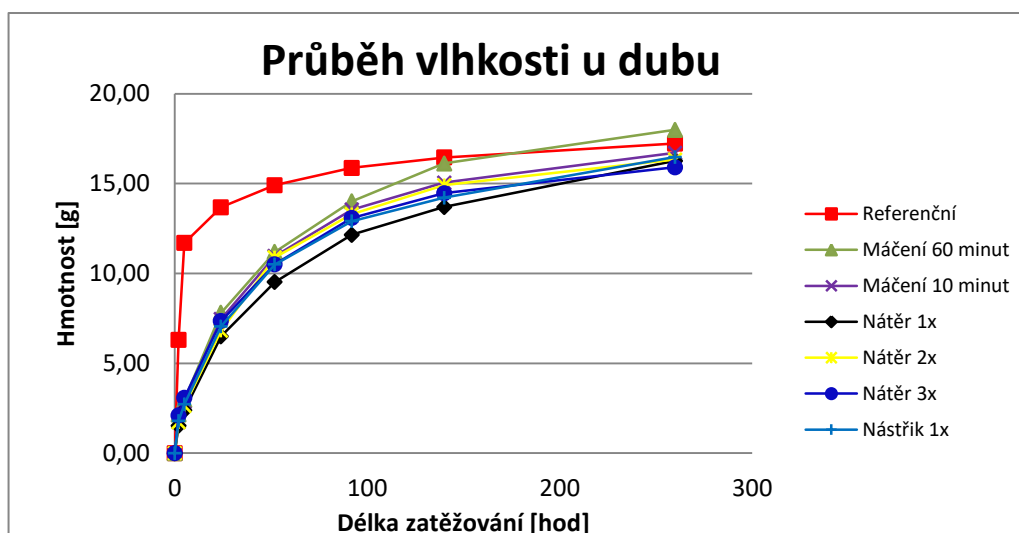
Vlhkost rostlého dřeva -křemičitan sodný, buk [%]								
	Časový interval měření [hod]							
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	7,71±0,26	12,78±0,22	14,81±0,17	14,82±2,30	16,79±0,78	17,64±0,48	18,46±0,44
Máčení 60 minut	0,00±0,00	2,30±0,29	3,06±0,53	8,98±0,68	12,56±0,39	15,94±0,36	17,67±0,41	20,10±0,05
Máčení 10 minut	0,00±0,00	2,46±0,36	3,72±0,37	8,28±0,87	12,09±0,63	14,81±0,56	16,61±0,49	18,18±0,30
Nátěr 1x	0,00±0,00	1,98±0,26	3,10±0,33	8,14±0,48	11,31±0,27	14,27±0,46	15,80±0,47	18,49±0,33
Nátěr 2x	0,00±0,00	2,02±0,10	3,24±0,18	7,89±1,34	12,13±1,09	14,59±0,71	16,16±0,89	17,23±0,69
Nátěr 3x	0,00±0,00	2,45±0,26	3,68±0,34	8,67±0,76	12,42±0,94	15,31±1,06	16,85±0,87	18,38±0,69
Nástřik 1x	0,00±0,00	2,11±0,22	3,22±0,19	8,20±0,38	11,94±0,70	14,45±0,68	15,80±0,50	18,20±0,50



Obr. 37 Graf srovnání průběhu vlhkosti u buku po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 34 Průběh vlhkosti u dubu po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

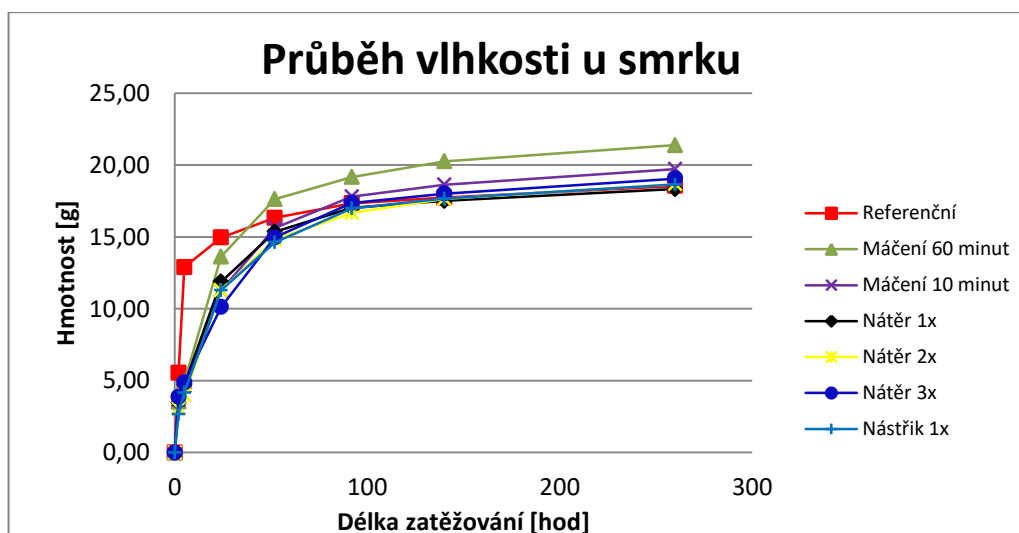
Vlhkost rostlého dřeva -křemičitan sodný, dub [%]								
	Časový interval měření [hod]							
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	6,30±0,21	11,70±0,22	13,68±0,21	14,92±0,37	15,88±0,50	16,45±0,56	17,23±0,62
Máčení 60 minut	0,00±0,00	2,16±0,43	2,96±0,33	7,82±0,80	11,20±1,03	14,02±1,20	16,13±1,50	18,00±1,20
Máčení 10 minut	0,00±0,00	1,75±0,11	2,85±0,05	7,47±0,20	10,97±0,44	13,56±0,45	15,05±0,63	16,71±0,89
Nátěr 1x	0,00±0,00	1,54±0,15	2,38±0,29	6,50±0,66	9,52±0,84	12,15±1,05	13,70±0,94	16,27±1,26
Nátěr 2x	0,00±0,00	1,72±0,16	2,64±0,35	6,83±0,37	10,90±0,32	13,31±0,33	14,92±0,25	16,34±0,31
Nátěr 3x	0,00±0,00	2,11±0,29	3,08±0,23	7,35±0,47	10,51±0,59	13,09±0,69	14,47±0,54	15,91±0,47
Nástřik 1x	0,00±0,00	1,80±0,07	2,72±0,12	7,06±0,45	10,50±0,45	12,91±0,42	14,22±0,81	16,48±0,57



Obr. 38 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dubu po ošetření křemičitanem sodným v 2. třídě prostředí

Tab. 35 Průběh vlhkosti u smrku po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

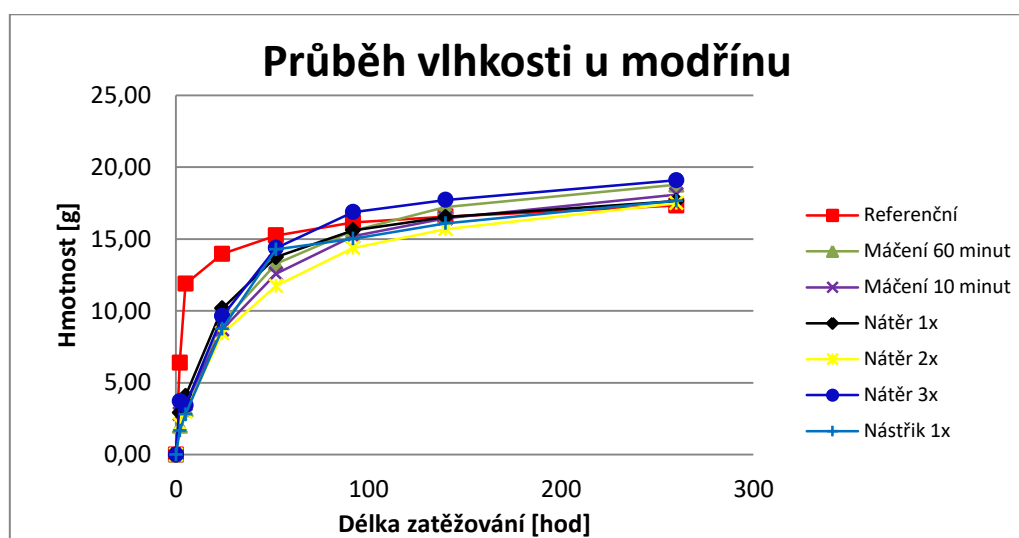
Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, smrk [%]								
	Časový interval měření [hod]							
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	5,55±0,88	12,90±0,55	14,95±0,19	16,32±0,10	17,34±0,08	17,73±0,03	18,54±0,05
Máčení 60 minut	0,00±0,00	3,54±0,14	4,94±0,37	13,63±0,37	17,63±1,00	19,17±0,66	20,26±0,51	21,38±0,30
Máčení 10 minut	0,00±0,00	3,65±0,79	4,63±0,52	11,29±0,63	15,63±0,53	17,81±0,48	18,64±0,56	19,72±0,56
Nátěr 1x	0,00±0,00	3,48±0,30	4,70±0,44	11,88±0,78	15,36±0,68	17,02±0,43	17,51±0,26	18,33±0,09
Nátěr 2x	0,00±0,00	3,06±0,35	3,98±0,43	11,29±0,79	14,83±0,82	16,67±0,54	17,66±0,55	18,68±0,28
Nátěr 3x	0,00±0,00	3,87±0,34	4,87±0,39	10,12±0,75	14,97±0,16	17,36±0,37	18,00±0,37	19,05±0,29
Nástřik 1x	0,00±0,00	2,68±0,35	4,16±0,45	11,30±0,74	14,62±0,47	16,98±0,40	17,66±0,26	18,64±0,13



Obr. 39 Graf srovnání průběhu vlhkosti u smrku po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Tab. 36 Průběh vlhkosti u modřínu po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

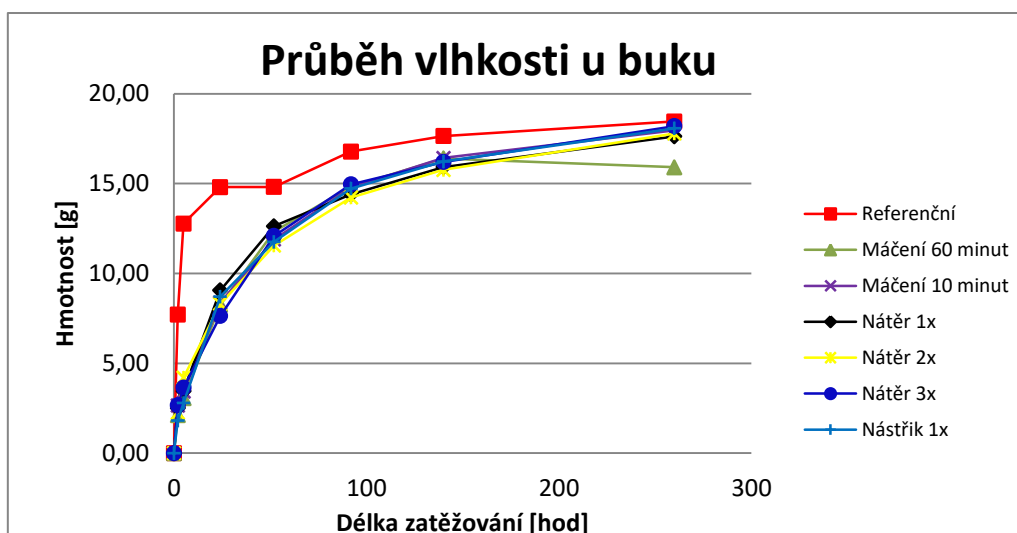
Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, modřín [%]								
	Časový interval měření [hod]							
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	6,40±0,53	11,88±0,56	13,96±0,49	15,24±0,71	16,15±0,74	16,56±0,82	17,32±1,03
Máčení 60 minut	0,00±0,00	2,01±1,09	3,13±1,10	9,19±1,86	13,29±2,36	15,58±1,43	17,23±1,03	18,78±0,64
Máčení 10 minut	0,00±0,00	2,83±1,05	3,55±1,07	8,71±1,57	12,59±1,42	15,19±0,99	16,44±0,83	18,09±0,65
Nátěr 1x	0,00±0,00	2,92±0,49	4,08±0,60	10,17±1,35	13,74±1,06	15,61±0,62	16,53±0,34	17,64±0,30
Nátěr 2x	0,00±0,00	2,12±0,60	2,99±1,00	8,43±1,51	11,74±1,20	14,38±0,89	15,70±0,82	17,49±0,44
Nátěr 3x	0,00±0,00	3,72±0,20	3,43±2,56	9,63±1,29	14,38±0,70	16,87±0,95	17,72±1,11	19,09±1,11
Nástřik 1x	0,00±0,00	1,68±0,60	2,81±0,85	8,76±1,44	14,27±4,99	15,03±0,73	16,09±0,53	17,67±0,23



Obr. 40 Graf srovnání průběhu vlhkosti u modřínu po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Tab. 37 Průběh vlhkosti u buku po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

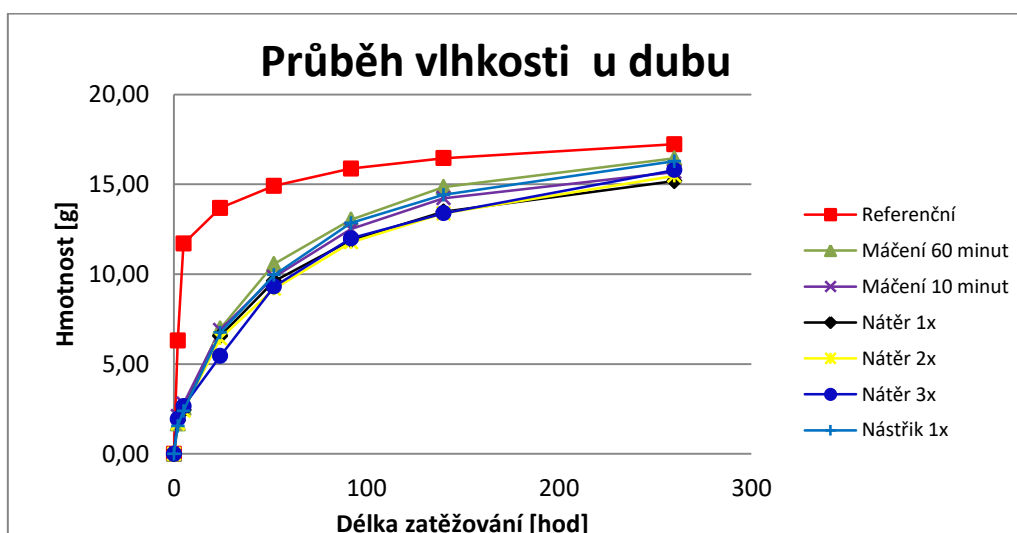
Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, buk [%]								
	Časový interval měření [hod]							
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]
Referenční	0,00±0,00	7,71±0,26	12,78±0,22	14,81±0,17	14,82±2,30	16,79±0,78	17,64±0,48	18,46±0,44
Máčení 60 minut	0,00±0,00	2,12±0,28	3,06±0,29	8,26±0,65	12,34±0,94	14,83±0,63	16,41±0,49	15,91±4,30
Máčení 10 minut	0,00±0,00	2,66±0,12	3,43±0,21	8,38±0,52	11,89±0,52	14,78±0,56	16,42±0,46	17,96±0,28
Nátěr 1x	0,00±0,00	2,52±0,25	3,46±0,36	9,07±0,55	12,63±0,53	14,41±0,57	15,92±0,62	17,63±0,42
Nátěr 2x	0,00±0,00	2,26±0,22	4,20±1,43	8,31±0,71	11,56±0,70	14,23±0,57	15,77±0,58	17,79±0,73
Nátěr 3x	0,00±0,00	2,67±0,05	3,65±0,09	7,64±1,39	12,09±0,87	14,96±0,81	16,20±0,75	18,20±0,46
Nástřik 1x	0,00±0,00	1,81±0,10	2,80±0,12	8,72±0,50	11,76±0,44	14,73±0,56	16,24±0,25	18,07±0,18



Obr. 41 Graf srovnání průběhu vlhkosti u buku po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Tab. 38 Průběh vlhkosti u dubu po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, dub [%]							
Způsob ošetření	Časový interval měření [hod]						
	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]
Referenční	0,00±0,00	6,30±0,21	11,70±0,22	13,68±0,21	14,92±0,37	15,88±0,50	16,45±0,56
Máčení 60 minut	0,00±0,00	1,69±0,24	2,57±0,34	6,98±0,71	10,57±0,94	13,04±0,99	14,86±0,90
Máčení 10 minut	0,00±0,00	2,10±0,36	2,79±0,38	6,90±0,62	9,85±0,75	12,51±0,80	14,23±0,80
Nátěr 1x	0,00±0,00	1,86±0,16	2,45±0,20	6,56±0,46	9,61±0,61	11,88±0,71	13,48±0,75
Nátěr 2x	0,00±0,00	1,69±0,15	2,41±0,18	6,43±0,45	9,19±0,53	11,77±0,65	13,38±0,89
Nátěr 3x	0,00±0,00	1,95±0,26	2,65±0,35	5,45±0,97	9,31±0,80	12,00±0,70	13,39±0,62
Nástřik 1x	0,00±0,00	1,56±0,28	2,39±0,39	6,75±0,81	9,95±1,07	12,85±1,13	14,42±1,11



Obr. 42 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dubu po ošetření Lukofobem 39 v 2. třídě prostředí

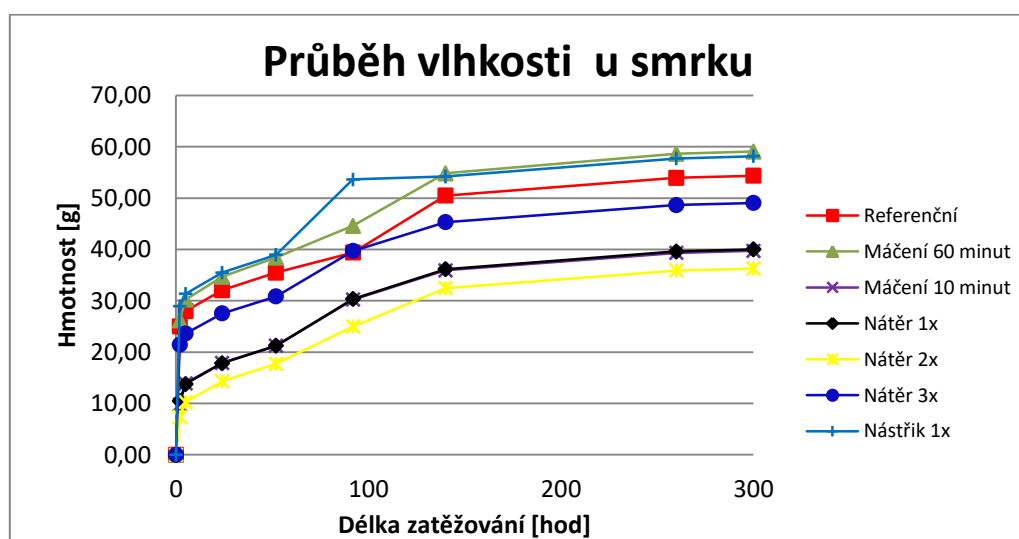
Při srovnání způsobů ošetření a ošetřujících látek se dostáváme k podobným výsledkům jako u desek na bázi dřeva. Z grafů je opět patrné že u neošetřených vzorků byl

v počátku zatěžování prudký nárůst hmotnosti, zatímco u ošetřených docházelo k postupnému nárůstu. U obou ošetřujících látek je průběh srovnatelný. Nepatrně mírnější růst je u přípravku Lukofob 39.

Následovat bude třetí třída prostředí jako v každé části budou uvedeny tabulky č. 39-46 a grafy č. 43-50 pro porovnání naměřených hodnot.

Tab. 39 Průběh vlhkosti u smrku po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

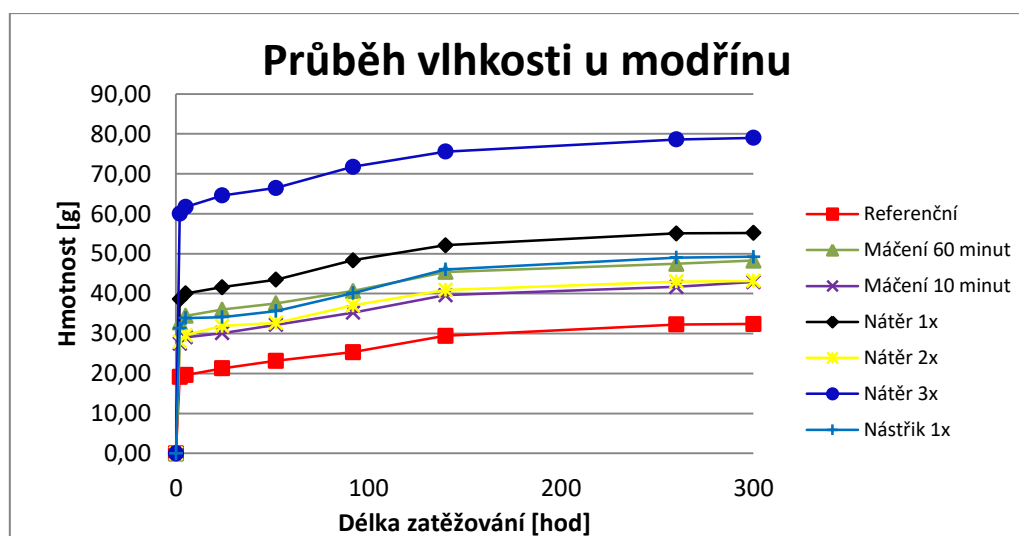
Vlhkost rostlého dřeva -křemičitan sodný, smrk [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	24,99±0,40	27,99±0,87	32,07±1,21	35,49±1,47	39,38±0,58	50,48±0,47	53,94±1,78	54,35±0,09
Máčení 60 minut	0,00±0,00	26,20±0,60	30,22±1,35	34,68±0,75	38,43±1,23	44,60±0,69	54,83±0,58	58,61±0,45	59,05±0,03
Máčení 10 minut	0,00±0,00	9,76±1,14	13,90±1,45	17,90±0,56	21,25±1,15	30,22±0,48	35,93±1,14	39,32±2,30	39,72±0,37
Nátěr 1x	0,00±0,00	10,50±1,33	13,79±1,62	17,84±1,49	21,25±1,36	30,36±1,12	36,16±1,33	39,60±1,06	40,00±0,74
Nátěr 2x	0,00±0,00	7,36±1,25	10,32±1,73	14,33±4,58	17,71±1,48	25,00±1,05	32,47±1,48	35,88±0,80	36,28±0,68
Nátěr 3x	0,00±0,00	21,46±1,56	23,61±1,05	27,55±2,13	30,85±2,54	39,68±1,36	45,31±1,08	48,65±0,76	49,04±0,34
Nástřik 1x	0,00±0,00	28,95±1,59	31,33±0,99	35,48±0,98	38,96±1,39	53,64±0,97	54,21±1,10	57,73±1,15	58,14±0,55



Obr. 43 Graf srovnání průběhu vlhkosti u smrku po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 40 Průběh vlhkosti u modřínu po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

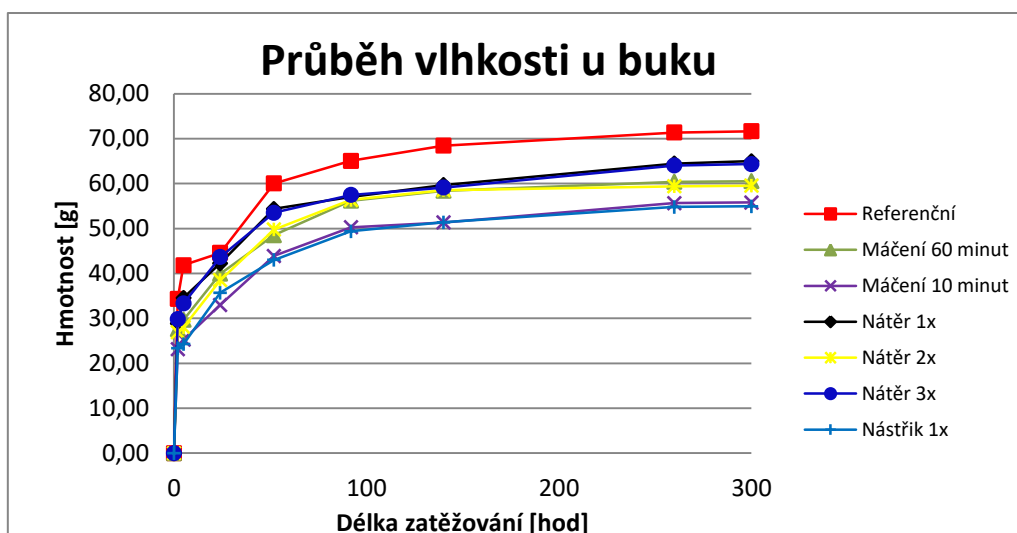
Vlhkost rostlého dřeva -křemičitan sodný, modřín [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	19,16±3,15	19,61±2,65	21,30±1,65	23,19±3,26	25,34±2,13	29,42±2,36	32,29±1,58	32,39±1,23
Máčení 60 minut	0,00±0,00	32,80±4,28	34,44±4,15	36,02±1,97	37,58±3,41	40,65±3,12	45,44±2,15	47,49±1,63	48,30±1,36
Máčení 10 minut	0,00±0,00	27,48±2,39	29,06±3,26	30,11±1,39	32,21±4,12	35,27±2,65	39,61±2,36	41,70±1,87	42,92±1,23
Nátěr 1x	0,00±0,00	38,66±3,58	40,05±3,34	41,63±1,87	43,49±2,56	48,36±2,47	52,11±2,47	55,10±1,23	55,21±1,85
Nátěr 2x	0,00±0,00	27,99±2,47	29,58±2,41	31,91±1,78	32,67±3,45	37,04±2,89	40,95±2,35	43,01±2,05	43,19±2,65
Nátěr 3x	0,00±0,00	60,02±2,46	61,70±2,36	64,59±1,66	66,48±3,65	71,75±2,40	75,58±2,29	78,62±1,85	79,02±8,45
Nástřik 1x	0,00±0,00	31,37±3,25	33,88±3,18	34,12±1,59	35,66±3,45	40,14±2,12	46,06±2,64	49,05±2,13	49,25±1,23



Obr. 44 Graf srovnání průběhu vlhkosti u modřínu po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 41 Průběh vlhkosti u buku po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

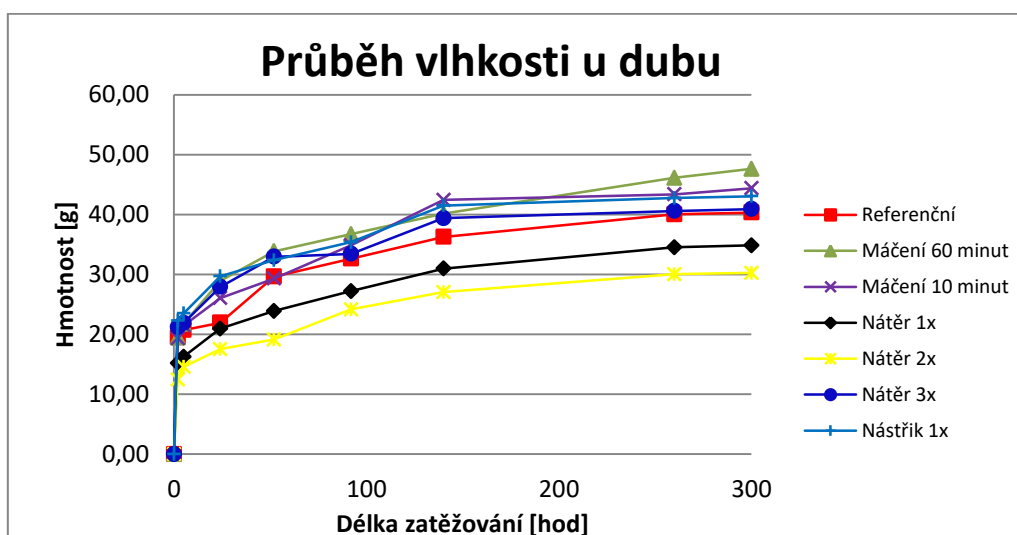
Vlhkost rostlého dřeva -křemičitan sodný, buk [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	34,35±0,82	41,83±0,66	44,60±0,90	60,05±0,62	65,07±0,62	68,46±0,62	71,38±0,91	71,65±0,66
Máčení 60 minut	0,00±0,00	27,61±0,51	29,69±0,27	39,96±0,57	48,54±1,22	56,20±0,85	58,40±0,23	60,40±0,61	60,55±0,27
Máčení 10 minut	0,00±0,00	23,17±0,40	25,28±0,78	33,00±0,44	43,92±0,85	50,29±0,52	51,35±0,73	55,67±0,40	55,81±0,78
Nátěr 1x	0,00±0,00	28,83±0,85	34,58±0,42	42,27±0,84	54,38±0,48	57,07±0,83	59,69±0,44	64,48±1,27	65,00±0,42
Nátěr 2x	0,00±0,00	26,92±0,32	28,02±0,36	38,51±0,25	49,80±1,54	56,38±0,62	58,55±0,42	59,40±0,26	59,56±0,36
Nátěr 3x	0,00±0,00	29,85±0,96	33,31±0,43	43,64±1,06	53,51±0,85	57,50±0,35	59,14±0,38	64,04±1,06	64,35±0,43
Nástřik 1x	0,00±0,00	23,37±0,84	24,29±1,07	35,72±0,87	43,02±1,36	49,41±0,26	51,40±1,03	54,81±0,90	54,95±1,07



Obr. 45 Graf srovnání průběhu vlhkosti u buku po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 42 Průběh vlhkosti u dubu po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

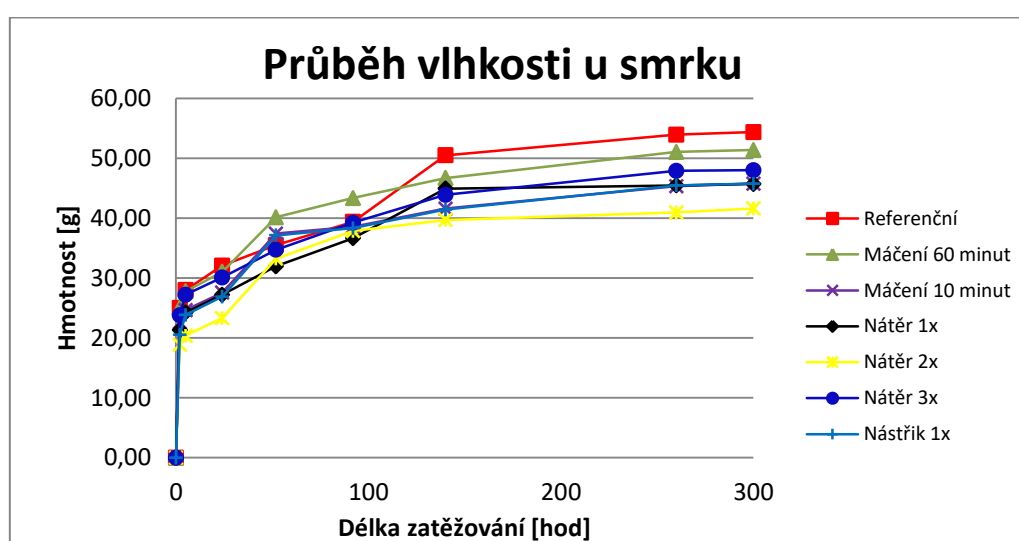
Vlhkost rostlého dřeva -křemičitan sodný, dub [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	19,49±0,19	20,73±0,79	21,96±0,35	29,63±1,11	32,64±1,32	36,28±1,01	40,03±1,65	40,34±1,53
Máčení 60 minut	0,00±0,00	19,46±0,15	21,76±1,46	28,93±0,30	33,86±1,23	36,72±1,56	40,18±1,11	46,14±1,32	47,62±1,52
Máčení 10 minut	0,00±0,00	19,32±1,63	21,47±0,35	26,07±0,50	29,32±1,14	34,86±1,76	42,45±1,27	43,39±1,28	44,41±1,87
Nátěr 1x	0,00±0,00	15,16±0,79	16,27±0,93	20,97±0,49	23,91±1,26	27,22±1,39	30,99±1,63	34,55±1,59	34,84±1,72
Nátěr 2x	0,00±0,00	12,43±0,80	14,57±0,22	17,55±0,52	19,15±1,36	24,18±1,63	27,06±1,04	30,04±1,38	30,26±1,44
Nátěr 3x	0,00±0,00	21,21±0,43	21,90±1,11	27,93±0,28	32,95±1,42	33,45±1,31	39,40±1,17	40,61±1,11	40,92±1,45
Nástřik 1x	0,00±0,00	22,28±0,37	23,51±0,15	29,71±0,31	32,39±1,09	35,39±1,41	41,51±1,47	42,76±1,38	43,07±1,38



Obr. 46 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dubu po ošetření křemičitanem sodným v 3. třídě prostředí

Tab. 43 Průběh vlhkosti u smrku po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

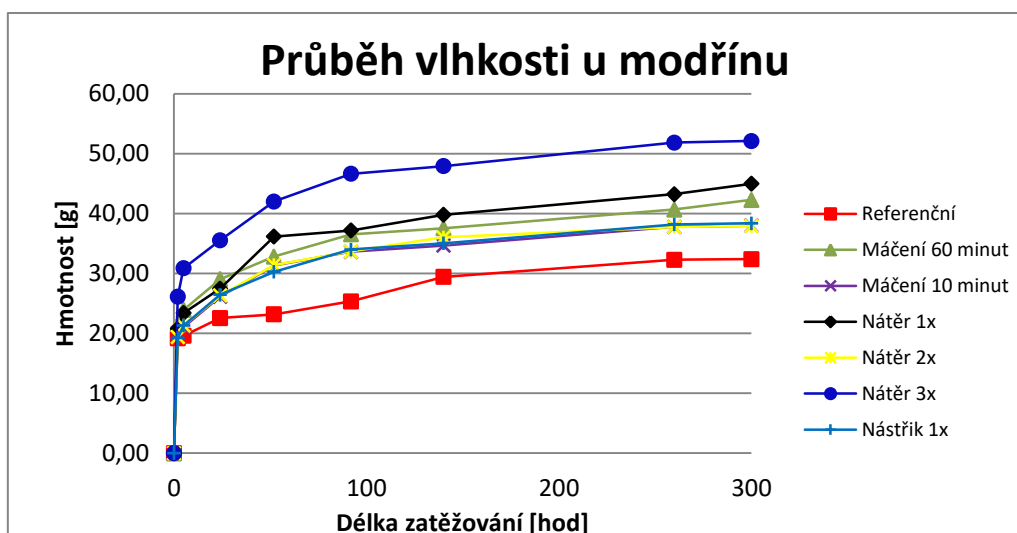
Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, smrk [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	24,99±0,40	27,99±0,87	32,07±1,21	35,49±1,47	39,38±0,58	50,48±0,47	53,94±1,78	54,35±0,09
Máčení 60 minut	0,00±0,00	25,07±1,19	27,78±1,83	31,05±1,59	40,14±1,15	43,35±1,08	46,69±1,76	51,04±1,90	51,36±1,62
Máčení 10 minut	0,00±0,00	22,61±1,37	24,64±1,37	27,57±1,50	37,43±1,46	38,58±1,09	41,58±1,76	45,33±1,50	45,76±1,23
Nátěr 1x	0,00±0,00	21,34±1,26	24,24±1,24	27,21±1,82	31,98±1,31	36,65±1,56	44,93±1,55	45,46±1,35	45,70±1,73
Nátěr 2x	0,00±0,00	18,89±1,44	20,37±1,55	23,32±1,69	33,24±1,16	37,86±1,63	39,69±1,16	40,94±1,78	41,61±1,44
Nátěr 3x	0,00±0,00	23,77±1,90	27,21±1,88	30,09±1,45	34,72±1,55	39,24±1,24	43,89±1,62	47,91±1,27	48,01±1,42
Nástřik 1x	0,00±0,00	20,52±1,83	23,84±1,86	26,88±1,38	37,12±1,56	38,32±1,47	41,43±1,45	45,47±1,97	45,76±1,38



Obr. 47 Graf srovnání průběhu vlhkosti smrku po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Tab. 44 Průběh vlhkosti u modřínu po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

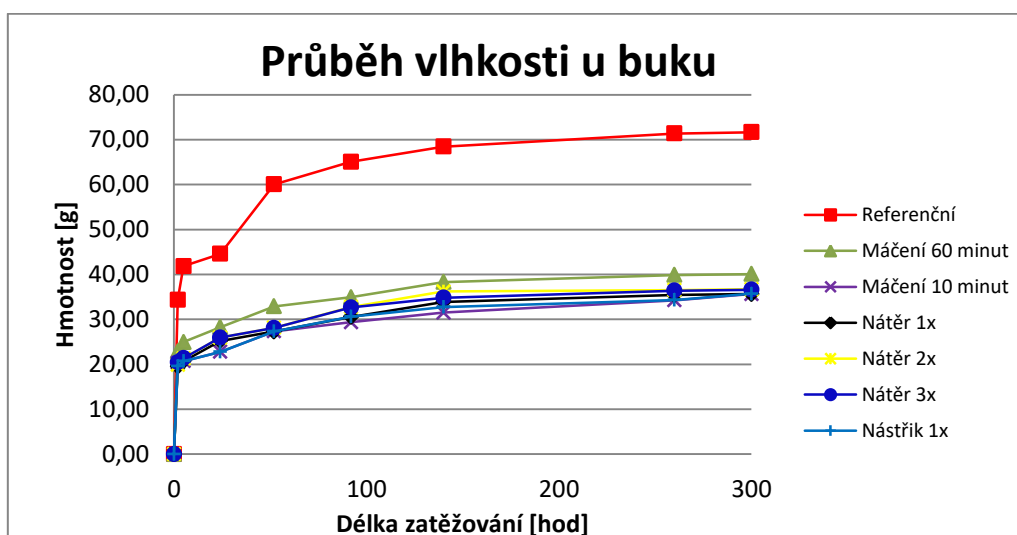
Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, modřín [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	19,16±3,15	19,61±2,65	21,30±1,65	23,19±3,26	25,34±2,13	29,42±2,36	32,29±1,58	32,39±1,23
Máčení 60 minut	0,00±0,00	21,59±2,66	23,92±2,69	29,05±2,61	32,83±2,09	36,53±2,21	37,56±2,59	40,69±2,15	42,28±2,28
Máčení 10 minut	0,00±0,00	20,12±2,23	21,02±2,42	26,15±2,50	31,32±2,38	33,63±2,67	34,66±2,58	37,79±2,46	37,99±2,37
Nátěr 1x	0,00±0,00	20,79±2,73	23,38±2,87	27,47±2,80	36,16±2,13	37,17±2,38	39,81±2,57	43,23±2,31	44,98±2,32
Nátěr 2x	0,00±0,00	19,41±2,44	21,30±2,50	26,33±2,78	31,41±2,93	33,68±2,22	36,04±2,87	37,76±2,16	37,95±2,11
Nátěr 3x	0,00±0,00	26,12±2,42	30,89±2,37	35,56±2,92	42,02±2,55	46,65±2,55	47,93±2,56	51,84±2,11	52,10±2,22
Nástřik 1x	0,00±0,00	19,22±2,38	21,30±2,52	26,47±2,27	30,28±2,76	34,01±2,43	35,04±2,44	38,20±2,95	38,39±2,52



Obr. 48 Graf srovnání průběhu vlhkosti u modřínu po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Tab. 45 Srovnání průběhu vlhkosti u buku po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

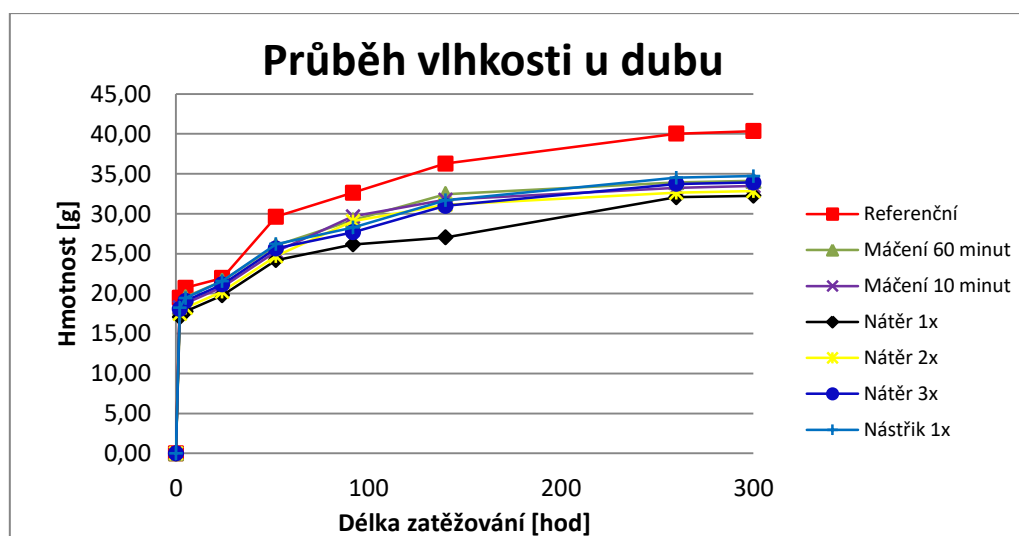
Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, buk [%]									
Způsob ošetření	Časový interval měření [hod]								
	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	34,35±0,82	41,83±0,66	44,60±0,90	60,05±0,62	65,07±0,62	68,46±0,62	71,38±0,91	71,65±0,66
Máčení 60 minut	0,00±0,00	22,87±0,51	24,95±0,27	28,28±0,36	32,88±0,11	34,95±0,15	38,33±0,15	39,88±0,43	40,09±0,15
Máčení 10 minut	0,00±0,00	20,33±0,55	20,70±0,37	22,77±0,11	27,33±0,12	29,37±0,70	31,49±0,37	34,25±0,31	35,66±0,46
Nátěr 1x	0,00±0,00	19,53±0,48	20,70±0,07	25,20±0,13	27,31±0,39	30,55±0,31	33,89±0,24	35,42±0,04	35,63±0,31
Nátěr 2x	0,00±0,00	19,88±0,24	21,27±0,84	25,94±0,47	28,12±0,47	32,75±0,61	36,21±0,55	36,53±0,95	36,72±0,16
Nátěr 3x	0,00±0,00	20,47±0,48	21,36±0,44	25,95±0,52	28,10±0,57	32,65±0,29	34,81±0,88	36,38±0,48	36,59±0,55
Nástřik 1x	0,00±0,00	19,60±0,70	20,70±0,47	22,78±0,32	27,36±0,68	30,63±0,47	32,77±0,83	34,31±0,11	35,72±0,44



Obr. 49 Graf srovnání průběhu vlhkosti u buku po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Tab. 46 Průběh vlhkosti u dubu po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Vlhkost rostlého dřeva -Lukofob 39, dub [%]									
	Časový interval měření [hod]								
Způsob ošetření	0 [hod]	2 [hod]	5 [hod]	24 [hod]	52 [hod]	92 [hod]	140 [hod]	260 [hod]	300 [hod]
Referenční	0,00±0,00	19,49±0,19	20,73±0,79	21,96±0,35	29,63±1,11	32,64±1,32	36,28±1,01	40,03±1,65	40,34±1,53
Máčení 60 minut	0,00±0,00	18,33±0,08	19,56±0,35	21,58±0,76	26,02±0,39	29,19±0,08	32,45±0,06	33,94±0,79	34,12±0,43
Máčení 10 minut	0,00±0,00	18,28±0,09	18,77±0,30	20,81±0,76	25,28±0,35	29,67±0,09	31,76±0,10	33,27±0,46	33,47±0,59
Nátěr 1x	0,00±0,00	17,06±0,12	17,77±0,50	19,78±0,55	24,19±0,60	26,16±0,12	27,04±0,07	32,08±0,35	32,25±0,40
Nátěr 2x	0,00±0,00	17,49±0,13	18,22±0,49	20,25±0,16	24,69±0,21	29,06±0,13	31,14±0,16	32,64±0,93	32,83±0,89
Nátěr 3x	0,00±0,00	18,06±0,22	19,09±0,52	21,15±0,62	25,66±0,24	27,68±0,22	31,00±0,13	33,74±0,22	33,92±0,59
Nástřik 1x	0,00±0,00	18,22±0,27	19,45±0,28	21,57±0,45	26,21±0,66	28,29±0,27	31,70±0,21	34,52±0,11	34,72±0,27



Obr. 50 Graf srovnání průběhu vlhkosti u dubu po ošetření Lukofobem 39 v 3. třídě prostředí

Jako u druhé třídy prostředí tak i zde se potvrdilo, že vlivem ošetření křemičitanem sodným a přípravkem Lukofob 39, dojde k výraznému zpomalení příjmu vody do zkušebních těles. To je při pohledu na jednotlivé grafy zcela patrné. U všech dřevin mají vzorky ošetřené značně redukován příjem kapalné vody do struktury dřeva. Intenzita jevu je dána příjmem roztoku a lze vysledovat, že s rostoucím příjmem roztoku klesá množství přijímané dřevem. Jako i v předchozích případech se jeví použití Lukofobu 39 jako efektivnější, protože jsou taktéž lepší aplikační vlastnosti prostředku, zejména jeho viskozita.

Vzorky byly taktéž umístěny v exteriéru. Během jejich expozice nebyly zaznamenávány hodnoty teploty a vlhkosti prostředí a z tohoto důvodu budou v tomto případě hodnoceny pouze vizuální změny. Díky simultánnímu působení několika faktorů, zejména vody, UV záření a dalších povětrnostních vlivů byly zaznamenány tyto jevy:

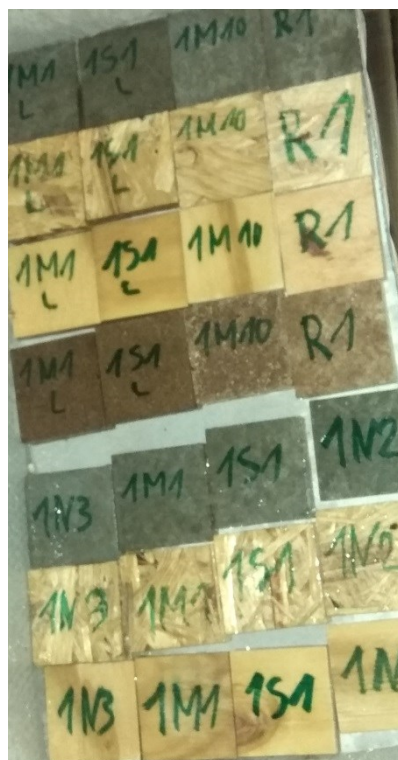
Vzorky vystavené v exteriéru se příliš neměnily, což je patrné z příložených fotografií č. 51-53. Největší vzhledový rozdíl nastal u vzorků dubu, jelikož ošetřené po namočení zešedivěly. Po vysušení opět získaly svoji původní barvu. Desky na bázi dřeva si zachovávaly svůj původní vzhled za všech podmínek.



Obr. 51 Vzhledové změny rostlého dřeva a desek na bázi dřeva



Obr. 52 Vzhledové změny rostlého dřeva a desek na bázi dřeva



Obr. 53 Vzhledové změny rostlého dřeva a desek na bázi dřev, srovnání vzhledových změn

8 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na vlhkostní chování mineralizovaného dřeva a desek na bázi dřeva. Z tohoto důvodu byla nejprve teoreticky nastudována problematika dřeva a desek na bázi dřeva, degradací a principů ochrany dřevěných konstrukčních prvků. V teoretické části byla také popsána mineralizace a látky použité pro praktickou část této práce. V praktické části bylo zkoumáno bobtnání ošetřených vzorků a vlhkostní a vzhledové změny ošetřených vzorků. Pro všechny tyto zkoušky byly použity vždy 4 dřeviny a 4 desky na bázi dřeva. Konkrétně byl použit smrk, modřín, buk a dub a z desek na bázi dřeva cetris, OSB, překližka a dřevotříska. Jako ošetřující látky byly použity křemičitan sodný a přípravek Lukofob 39, i když tyto přípravky nejsou primárně určeny pro dřevo, ale na rostlém dřevě již byly testovány.

První prováděnou zkouškou bylo testováno bobtnání. Výsledky těchto zkoušek poukázaly na to, že při vhodné aplikaci mineralizační látky lze dosáhnout redukce bobtnání rostlého dřeva tak i bobtnání desek na bázi dřeva. Při expozici dřeva ve druhé a třetí třídě prostředí byly stanovovány vlhkostní a vzhledové změny vzorků. Z hlediska vlhkostního bylo potvrzeno, že ošetřením nedochází k omezení příjmu vzdušné vlhkosti, ale naopak je redukován příjem vody v kapalném stavu, typický pro třetí třídu prostředí. Vzhledové změny vzorků nebyly výrazné, protože vzorky byly v tomto případě exponovány v interiéru. Zejména v této experimentální části se projevilo několik problémů, které musely být řešeny. Z tohoto důvodu by bylo vhodné provést některé doplňující zkoušky, které vzhledem náročnosti časové a přípravy vzorků nemohly být provedeny. Nicméně na základě těchto zkušeností byly navrženy metodické postupy, které mohou být s výhodou využity při obdobných testech.

Závěrem lze konstatovat, že získané výsledky potvrzují vhodnost mineralizace dřeva a dokonce i desek na bázi dřeva, ovšem míra účinnosti liší u jednotlivých použitých materiálů a je dána zejména příjmem mineralizační látky, ať již křemičitanu sodného nebo přípravku Lukofob 39. Z tohoto důvodu je vždy nutné individuálně volit ke každé dřevině nebo desce na bázi dřeva vhodnou mineralizační látku a způsob ošetření. Na základě uvedených zjištění se výzkum mineralizace dřeva může dále zabývat testováním dalších způsobů ošetření a různých koncentrací mineralizačních roztoků, nebo ověřením aplikace na další dřeviny a výrobky na bázi dřeva.

Úplným závěrem diplomové práce, bych rád poukázal na fakt, že mineralizované dřevo skrývá svůj potenciál vzhledem k lepším mechanickým vlastnostem, což bylo vlastně prokázáno i v mé bakalářské práci, tak i k lepším fyzikálním vlastnostem, což se prokázalo v této práci.

9 Seznam použitých pramenů

- [1] HÁJEK, V.: *Stavíme ze dřeva*. Praha: Sobotáles, 1997. ISBN 80-85920-44-1.
- [2] Böhm, M; Bomba J, Reisner J. *Materiály na bázi dřeva* Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- [3] KUKLÍK, P.: *Dřevěné konstrukce*. Praha: ČKAIT, 2005. ISBN 80-86769-72-0.
- [4] LOKAJ, A.: *Dřevostavby a dřevěné konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.
- [5] PTÁČEK, P.: *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2326-6.
- [6] REINPRECHT, L.: *Ochrana dřeva*. Zvolen: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.
- [7] SVOBODA, L.: *Stavební hmoty*. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1.
- [8] ŠIMŮNKOVÁ, E. a KUČEROVÁ I.: *Dřevo*. 2. Praha: STOP Společnost pro technologie ochrany památek, 2008. ISBN 978-80-86657-10-3.
- [9] ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (2006).
- [10] ČSN EN 335: Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Třídy použití: definice, aplikace na rostlé dřevo a na výrobky na bázi dřeva (2013).
- [11] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo - Stanovení charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty (2010).
- [12] ČSN EN 408: Dřevěné konstrukce - Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo - Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností (2012).
- [13] ČSN EN 13183-1: Vlhkost vzorku řeziva - Část 1: Stanovení váhovou metodou (2004).
- [14] ČSN EN 13183-2 Vlhkost vzorku řeziva - Část 2: Odhad elektrickou odporovou metodou (2002).
- [15] ČSN 490126 Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania napúčavosti (1989).

- [16] ČSN 490128 Skúšky vlastností rastlého dreva. Metóda zisťovania zosýchavosti (1989).
- [17] VODNÍ SKLO A.S., *vodnisklo.cz: Základní informace o vodním skle ze dne 9. 4 2016* [online]. vodnisklo.cz [9. 4 2016]. Dostupné z: <http://www.vodnisklo.cz/cz/clanky/zakladni-informace-o-vodnim-skle>
- [18] LUČEBNÍ ZÁVODY KOLÍN, *lucbni.cz.: Lukofob 39 ze dne 15.11 2017* [online]. lucbni.cz [15. 11 2017]. Dostupné z: <http://www.lucbni.cz/Produkty/Lukofob%2039>
- [19] Kontakt – Ochrana domova. *Ochrana Domova* [online]. Copyright ©2014 [cit. 20.11.2017]. Dostupné z: <http://www.ochrana-domova.cz/ochrana-domova/kontakt-2/>
- [20] Obrázek - Gloeophyllum sepiarium (trámovka plotní) | BioLib.cz. Taxonomic tree of plants and animals with photos | BioLib.cz [online]. Copyright © 1999 [cit. 20.11.2017]. Dostupné z: <https://www.biolib.cz/cz/image/id252192/>
- [21] Tesařík krovový | Škůdci. Škůdci [online]. Dostupné z: <http://www.skudci.com/tesarik-krovovy>
- [22] Obrázek: červotoč proužkovaný: Název a adresa školy: Střední odborné učiliště stavební, Opava, příspěvková organizace, Boženy Němcové 22/2309, Opava Copyright © 2017 SlidePlayer.cz Inc. [cit. 09.11.2017]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2325237/>

10 Přílohy

Příloha č. 1 Stanovení bobtnání desek na bázi dřeva

Příloha č. 2 Stanovení bobtnání rostlé dřevu

Příloha č. 3 Stanovení vzhledových a vlhkostních změn desek na bázi dřeva

Příloha č. 4 Stanovení vzhledových a vlhkostních změn rostlé dřevu

Příloha č. 5 Fotografie vzhledových změn desek na bázi dřeva

Příloha č. 6 Fotografie vzhledových změn rostlého dřeva